U of T
41F/22

LA GRAVITATION THERMODYNAMIQUE

istron.
V.

MAXIME VINCENT

LA
GRAVITATION THERMODYNAMIQUE
ET SES CONSÉQUENCES
LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES ET L'INVERSION OCÉANIQUE
PREMIERS ÉLÉMENTS DE THERMODYNAMIQUE CÉLESTE

L'univers est un système de machines thermiques.

17859 7.
13.3.23.

PARIS
LIBRAIRIE FISCHBACHER
(SOCIÉTÉ ANONYME)
33, RUE DE SEINE, 33

1921
Tous droits réservés

Cahors, Imp. COUESLANT (*personnel intéressé*), — 24.761

PRÉFACE

Cet ouvrage a pour but d'expliquer la gravitation par la chaleur solaire, transformée en énergie mécanique. Les éléments de cette théorie ont déjà été indiqués dans un chapitre des « Dépressions sidérales », mais ils sont développés ici sous un jour nouveau. Pour rendre l'hypothèse plus compréhensible, j'ai essayé de la concilier avec celles qui sont encore admises. Ce n'est pas un renoncement à la première conception, mais un essai de lui préparer la voie. Les esprits ne passent pas subitement d'un système à un autre, la distance à franchir leur paraît un abîme. L'histoire des sciences prouve suffisamment que ceux qui représentent ou croient représenter la science ont une aversion naturelle pour toute idée neuve. Les novateurs n'ont pu se faire entendre qu'en adoptant une grande part des préjugés de leur temps. Ils ont jeté un pont entre la conception surannée et celle qui marquait un progrès. J'ai essayé de jeter ce pont.

La théorie thermodynamique de la gravitation se place à peu près sur le terrain de la science actuelle. Elle n'a recours qu'à une seule supposition : la résistance de l'éther. Mais cette supposition a la valeur d'un postulat, car il est bien difficile de concevoir une matière sans résistance.

Toutefois, il ne faut pas considérer la gravitation thermodynamique comme une théorie scientifique, mais plutôt comme une hypothèse philosophique, un point de départ d'études ultérieures. L'hypothèse se trouvant au début de toute recherche, ne peut qu'indiquer sommairement la direction générale, le sens selon lequel pourraient s'orienter les investigations. Tant qu'elle n'a pas passé au crible d'une longue expérience, toute tentative d'y introduire la mesure et la rigueur mathématique, est prématurée. Il faut attendre l'œuvre patiente des analystes et celle du temps.

Cependant, bien qu'elle ne soit qu'une hypothèse philosophique, l'explication thermodynamique de la gravitation a le mérite de rendre compte des apparences. Elle a de plus un fondement sérieux dans l'expérience, puisqu'elle justifie les mouvements célestes comme les mouvements terrestres, par une dépense constante d'énergie. Elle ne fait que généraliser, étendre à l'univers entier, les lois établies sur notre planète par l'observation scientifique. Elle écarte ainsi les vieilles théories de mécanique céleste qui accordaient aux masses une certaine force vive initiale pour la combiner avec l'attraction. J'ai déjà démontré la fausseté, la naïveté d'une pareille explication. Elle partait d'une conception erronée de la nature et des conditions du mouvement. Même dans l'hypothèse d'un éther sans résistance, on ne peut pas rendre compte des mouvements célestes sans une dépense incessante d'énergie. Je n'ai donné que fort peu des raisons qui mili-

tent contre ce préjugé, elles sont innombrables, mais je ne reviendrai que fort brièvement sur cette démonstration. La faillite de ce système suranné est déjà certaine.

Il serait d'ailleurs inutile d'insister. Chaque époque s'attache à ses préjugés comme à ses mœurs, et c'est aux plus grotesques qu'elle tient le plus. Le préjugé est incurable, il vaut mieux le respecter et lui tirer sa révérence, que de le heurter de front. Comme les maladies héréditaires, il disparaît lentement avec les foules qui en sont atteintes. Lorsque notre génération aura emporté dans la tombe un système scientifique, basé sur des hypothèses dont l'erreur est devenue évidente, une vaste tâche, dont nous commençons à peine à entrevoir le sens s'offrira à l'effort des jeunes. Espérons qu'ils n'y failliront pas. Déjà, par l'étude de la radioactivité et des transmutations des corps simples, la science tâtonne sur une nouvelle voie ; la fin du XX^e^ siècle la verra rajeunie et surélevée dans son ascension vers le vrai. Certains ont insinué que les idées émises en 1910 n'étaient pas entièrement nouvelles. Des recherches que j'ai effectuées depuis, il résulte que, si des théories de la pesanteur présentant de lointaines analogies avec celle des « Dépressions » avaient déjà été tentées, on ne trouve aucune trace d'explication des mouvements célestes, par la conversion de la chaleur, en effet mécanique, ni d'une théorie générale de la matière, à l'aide du seul principe de la force répulsive. La gravitation par la chaleur solaire n'a donc pas d'autre précédent que le vague aperçu que j'en donnai en 1910.

Pour éviter de tomber dans le piège de ceux qui m'accusent de plagiat, après m'avoir copié eux-mêmes, je répudie toute compromission avec d'autres hypothèses. Cette étude n'est que le développement de la théorie dont les Dépressions constituent l'esquisse fondamentale. Je me suis résigné à disloquer le système primitif, à éliminer les idées relatives à la constitution des corps pour ne conserver que celles qui ont trait aux mouvements célestes. Il est bien plus facile de faire pénétrer la théorie peu à peu et par degrés, que de vouloir l'imposer tout entière à la fois.

M. V.

I

Principe et postulat

L'hypothèse de la gravitation thermodynamique repose sur un principe, la transformation de la chaleur en énergie mécanique, et sur un postulat, la résistance de l'éther.

Le principe fondamental de la thermodynamique est depuis longtemps démontré par l'expérience la plus générale. Toute quantité de chaleur a son équivalent mécanique, et cet équivalent peut être déterminé et mesuré. La chaleur et le mouvement sont deux formes voisines de l'énergie, elles s'engendrent réciproquement. On peut mesurer une quantité de chaleur par le travail qu'elle a effectué. Chaleur et travail sont des quantités équivalentes. Nous n'avons pas à examiner ici s'il y a chute de qualité dans cette transformation, si la même quantité de force n'est pas réversible de l'une à l'autre forme. La question de la dégradation de l'énergie ou de sa conservation intégrale ne modifie en rien l'exposé de la théorie ; celle-ci a simplement pour but de montrer que la gravitation est entretenue par la chaleur du foyer solaire et, par conséquent, reste aussi stable, aussi durable que ce foyer lui-même.

La résistance de l'éther n'est pas encore admise par la science contemporaine. La transmission de la chaleur et de la lumière, en raison inverse du carré des distances, semble l'éta-

blir, mais on conserve encore l'hypothèse d'un milieu impondérable et sans résistance. Pareil fluide n'est guère intelligible, si l'on pense que la pesanteur et la résistance sont les propriétés les plus générales des corps. Cette substance merveilleuse est sortie de l'imagination des vulgarisateurs, et nous ne sommes pas tenus de la prendre plus au sérieux que les dieux de l'Olympe. Contrainte d'admettre un milieu intercosmisque pour rendre compte de la propagation de la lumière et de la chaleur, la science s'est trouvée bien embarrassée de son hypothèse, lorsqu'il a fallu la concilier avec les vieilles théories de mécanique céleste. Elle a donné à l'éther des proprités selon les besoins de la cause, elle en a fait une substance hybride qui n'a de la matière que le nom. La science, comme la métaphysique, aboutit à des antinomies, elle s'agite dans le fatras des hypothèses contradictoires accumulées jusqu'ici, et ne peut ni les conserver, ni les rejeter sans se condamner. Notre temps gardera ses théories fantaisistes comme l'antiquité a gardé ses cycles et excentriques de gravitation. Il est bien probable que les générations futures n'en voudront plus.

C'est, au contraire, en postulant la résistance de l'éther et en combinant cette résistance avec le principe fondamental de la thermodynamique, que nous allons tenter d'expliquer la translation des corps célestes (1).

(1) L'existence de l'éther est mise hors de doute par la propagation des phénomènes physiques, chaleur, lumière, électricité, magnétisme, phénomènes qui sont susceptibles

II

Chaleur reçue par la terre et les planètes

Antagonisme de la chaleur et de l'attraction

La terre présente toujours un hémisphère au soleil et en reçoit une quantité de chaleur à peu près constante. Cette chaleur n'est que l'infime partie de celle que l'immense foyer rayonne incessamment. Un grand cercle de la terre est un écran bien petit pour une distance de 38.000.000 de lieues ; il ne peut guère capter que la 2.300.000.000 partie du calorique lancé à chaque instant dans l'espace. Cette quantité, minime relativement à la chaleur totale du soleil, est énorme en comparaison de celle qui serait engendrée par tous les foyers terrestres réunis. Si la chaleur reçue par notre planète

d'effets dynamiques, mécaniques et chimiques, et, par suite, nécessitent un milieu transmetteur. L'éther, il est vrai, n'a pu être pesé, soit que nous ne sachions pas le peser, soit qu'étant le substratum même de la pesanteur, il soit sans poids comme il est sans lumière et sans chaleur, tous ces phénomèmes étant conditionnés par lui. Mais les effets mécaniques transmis à distance le révèlent aussi clairement que les effets du vent manifestent l'existence de l'air. L'éther est donc plus qu'une hypothèse, c'est un postulat, si ce mot peut s'étendre à un principe substantiel. Ce postulat constitue d'ailleurs le lien commun des diverses parties de la physique. La formule générale vitesse $= \sqrt{\frac{\text{élasticité}}{\text{densité}}}$ s'accorde fort bien avec les propriétés données à l'éther et la vitesse des phénomènes physiques. D'autre part comme une élasticité même parfaite suppose la résistance, notre postulat de la résistance du milieu se réduit à celui de son existence et, par suite, devient évident.

était uniquement employée à fondre la glace, elle pourrait en fondre une couche de 46 mètres d'épaisseur, enveloppant le globe entier. Une certaine quantité de ce calorique se dépense à produire les phénomènes dynamiques et chimiques. Les vents, les courants marins, les pluies, les orages, les aurores boréales, la vie des végétaux et des animaux ont leur origine plus ou moins immédiate dans la chaleur solaire. Les forces motrices, l'électricité, les chutes d'eau, en dérivent également, et il est bien difficile de se représenter ce que deviendrait la terre si elle cessait tout à coup de puiser à ce réservoir d'énergie.

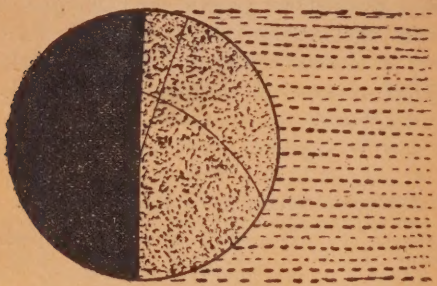


Fig. 1

La chaleur dépensée par tous ces phénomènes est pourtant insensible relativement à celle qui paraît inutilisée. Notre globe rayonne dans l'espace presque autant de chaleur qu'il en reçoit. Nous sommes tentés de croire qu'elle est perdue, mais la thermodynamique nous

apprend que la chaleur n'est jamais perdue. Lorsque nous la voyons disparaître, nous la retrouvons presqu'aussitôt sous forme d'énergie mécanique ; elle se dépense ou plutôt se transforme à produire du mouvement.

L'énergie mécanique n'est pas la seule forme de l'énergie qui sorte des transformations du calorique. La chaleur se dépense dans une lutte incessante avec la pesanteur. On peut à bon droit s'étonner qu'une analyse attentive des phénomènes n'ait pas jusqu'ici fait considérer la chaleur comme la force compensatrice de l'attraction. La première dilate sans relâche la matière, écarte les mobiles que la seconde tend à concentrer. Toute la physique du globe repose sur cet antagonisme irréductible.

Bien plus, l'observation nous oblige d'admettre pour la pesanteur *l'équivalence* déjà démontrée pour les autres formes de l'énergie. Il est impossible de considérer plus longtemps l'attraction comme une sorte d'attribut occulte, de vertu magique de la substance absolument immuable en quantité. Tout nous porte à croire que la pesanteur n'est pas une qualité première et invariable des corps, mais une énergie, c'est-à-dire un certain état de la matière doué de propriétés dynamiques, variables avec les différentes phases de cet état, énergie qui se perpétue dans les masses comme la chaleur dans le soleil. Comme l'énergie se transforme et ne se crée pas, il doit y avoir, dans la lutte de la chaleur et de l'attraction, équivalence, non seulement en qualité, mais encore en quantité.

La pesanteur n'est pas de l'énergie potentielle,

mais *actuelle*. Les physiciens seraient bien embarrassés de se faire une idée claire de ce qu'ils entendent par énergie potentielle, c'est-à-dire par celle qui dérive de la position d'une masse relativement à une autre. Ce mot potentiel semble complètement vide de sens.

L'attraction peut se muer en une autre forme de l'énergie, en chaleur par exemple, sans qu'il y ait perte de potentiel de position. La pesanteur engendre la pression et par suite la chaleur. Un bloc de granit, posé sur une lame de verre ou de métal y détermine une élévation de température. Cette faible quantité de calorique reste imperceptible, parce qu'elle se perd incessamment par rayonnement, mais elle n'en est pas moins réelle. C'est ainsi que fondent les glaciers ; les couches inférieures, portant le poids des supérieures, ne cessent de se liquéfier par pression. La chaleur rend les chutes possibles en élevant sans cesse les masses, et les masses restaurent la chaleur en tombant, en perdant leur potentiel de chute, mais cette variation dans l'espace idéal ne saurait correspondre à ce que nous entendons par énergie. Ce déplacement rend possible le passage d'une forme à une autre, mais ne peut être considéré comme l'une d'elles. Une machine thermique à simple effet ne pourrait fonctionner si le piston ne revenait alternativement à son point de départ. Ce changement de position rend possible la poussée motrice, mais la chaleur n'en reste pas moins dans le cas la seule énergie réelle. Le potentiel est la condition, mais non l'un des termes de la transfor-

mation ; toute énergie est nécessairement actuelle. Nous sommes portés à croire que la pesanteur rapproche les corps du centre de la terre sans se dépenser, parce que nous ignorons encore son mécanisme, mais l'analyse rationnelle nous laisse entendre qu'il n'en est pas ainsi. Dans tout autre phénomène, la mise en jeu des masses entraîne une dépense d'énergie. Pourquoi la pesanteur échapperait-elle à ce principe ? D'ailleurs, dans le cas déjà cité, la pression des objets les uns sur les autres, il n'y a pas variation d'énergie potentielle, ou variation si infime qu'elle ne saurait correspondre à la chaleur produite. Ce serait une naïveté de croire que la chute d'un corps qui engendre de la chaleur par le choc, ne correspond qu'à un changement de position dans l'espace. L'énergie potentielle ressemble fort aux vertus dont les Anciens avaient encombré la physique pour masquer l'insuffisance des théories. Nous devons considérer toutes les forces naturelles comme des formes de l'énergie qui se succèdent selon un rythme déterminé. *Une certaine quantité de chaleur équivaut à une certaine quantité d'attraction,* et inversement, l'attraction serait vite épuisée si elle n'était incessamment restaurée par une forme voisine.

On peut même se représenter vaguement cette transformation dans le mécanisme céleste. L'attraction solaire et la force vive centrifuge des planètes se dépensent à produire le travail de gravitation. La force centripète agit dans un sens, la force centrifuge dans un autre. Le

couple tend naturellemet à désagréger les unités élémentaires, et donne lieu à une variation de l'état matériel, qui prend, selon toute vraisemblance, la forme de chaleur, puisque ce phénomène se produit dans les tractions que nous pouvons nettement observer. Comment expliquer la permanence des mouvements célestes si la force vive des mobiles n'est restauiée par une source quelconque d'énergie ?

Mais des considérations sur la nature de ces métamorphoses nous entraîneraient trop loin, il suffit de constater que la chaleur et l'attraction s'engendrent réciproquement par l'intermédiaire du travail mécanique, c'est-à-dire du transport des masses dans l'espace, et cela nous ramène à l'idée déjà énoncée, au principe fondamental de cette théorie : *La chaleur solaire, et en général toute chaleur céleste, est la cause de la gravitation, l'énergie motrice des corps célestes que l'attraction relie en systèmes. Planètes et satellites sont des transformateurs de calorique.*

III

Gravitation des planètes

L'impulsion thermique

La translation des planètes se combine toujours avec un mouvement de rotation. Nous ne pouvons, comme on le fait dans les théories cosmogoniques, remonter à l'origine de ce mou-

vement sans nous laisser entraîner hors de notre sujet. Il nous suffit de constater cette rotation, nous déterminerons par la suite les forces qui l'engendrent.

En tournant sur elle-même, la planète présente au soleil un hémisphère qui s'échauffe graduellement, pendant que l'autre se refroidit dans le cône d'ombre, jusqu'au moment où il se présente de nouveau en face du foyer. Dès que le soleil paraît à l'horizon, la température s'accroît, tant que la chaleur reçue par la terre est plus considérable que la chaleur rayonnée. Elle augmente progressivement jusqu'à midi, moment où les rayons solaires se rapprochent le plus de la normale.

Comme l'absorption de calorique dépasse encore le rayonnement pendant un certain temps, c'est généralement vers quatorze heures que les thermomètres marquent la plus haute température du jour. Elle baisse ensuite continuellement jusqu'au lendemain, un peu après le lever du soleil. Ainsi, la variation de température est toujours en retard sur le phénomène astronomique qui la produit. Les corps ne se comportent pas pour la chaleur comme pour la lumière.

Pendant qu'il reste exposé aux ardeurs du jour, l'hémisphère éclairé se dilate et absorbe une certaine quantité de chaleur. Cette chaleur est emmagasinée progressivement, elle sera rayonnée de même. Un corps quelconque, une masse de fer, exposée au rayonnement d'un foyer, met un certain temps à s'échauffer comme elle mettra ensuite un certain temps à se

refroidir. Pendant ce temps, elle tient en réserve une certaine quantité d'énergie. Elle est pour la chaleur ce qu'est le condensateur, l'accumulateur pour l'électricité. Comme le bloc de fer, l'hémisphère exposé au soleil conserve une somme de calorique proportionnelle à celle qu'il a reçue. Ce n'est peut-être pas vers quatorze heures, comme l'indiquent les thermomètres, que la chaleur absorbée par les continents et les mers est la plus considérable. Les thermomètres ne manifestent que la température superficielle. L'écorce terrestre, très dense, et protégée par l'atmosphère, qui forme autour d'elle une sorte d'édredon, est plus lente que cette dernière à emmagasiner et à rendre le calorique. Mais, que la chaleur maxima soit à quatorze heures ou plus tard, les conséquences thermodynamiques sont les mêmes ; cette différence ne pourrait influer que sur la trajectoire et la vitesse. La terre est ainsi une serre chaude relativement aux espaces célestes qui transmettent le calorique. L'énergie répulsive du soleil se traduit par du mouvement dans l'éther, et par du calorique sur les surfaces où le mouvement s'arrête. D'ailleurs, comme la chaleur se ramène au mouvement, ce dernier ne fait que changer de mode.

La réserve de chaleur captée pendant le jour est rayonnée jusqu'au lendemain au lever du soleil. Que devient-elle ? Ou elle se communique aux couches d'éther et les dilate ou, par l'intermédiaire du milieu, elle se transforme en force mécanique. Mais le premier cas rentre dans le second, puisque toute dilatation est un

travail. La résistance de l'éther rend parfaitement compte de cette disparition de chaleur ; il serait bien difficile de l'expliquer sans elle. Il faudrait soutenir qu'elle est toute absorbée par les phénomènes physiques et chimiques de l'atmosphère et de l'écorce terrestre, ce qui paraît bien insuffisant, ou avouer qu'elle se perd purement et simplement sans se transformer en énergie mécanique, ce qui est contraire à l'expérience scientifique. Pareil aveu aurait des conséquences incalculables ; ce serait refuser à la thermodynamique une valeur universelle et n'admettre ses lois que pour la chaleur restreinte des foyers terrestres. La résistance de l'éther se trouve ainsi la conséquence inéluctable de la théorie mécanique de la chaleur. Le calorique est l'équivalent du travail et tout travail est impossible sans résistance. « Travailler mécaniquement, dit Poncelet, c'est vaincre des résistances telles que la cohésion, la pesanteur, l'inertie de la matière. » La chaleur ne peut donc travailler mécaniquement dans un milieu impondérable et sans résistance. Dans un pareil fluide, la moindre chiquenaude, la plus infime impulsion, s'exerçant sur un mobile pendant un millionième de seconde, lui imprimerait un mouvement indéfini, sans produire aucun travail et, par suite, sans dépense d'énergie.

Dans l'hypothèse de l'éther résistant, au contraire, cette disparition de chaleur se comprend parfaitement. Le calorique solaire trouve son équivalent mécanique dans la résistance du milieu. Ce phénomène est régi par les lois générales de la thermodynamique.

Nous examinerons successivement plusieurs hypothèses sur le mode de cette transformation. Ou le globe est influencé par la réaction directe de l'ondulation elle-même, ou il reçoit une impulsion, une sorte de choc en retour de l'éther élastique dilaté par le rayonnement. Il est probable que l'ondulation de la chaleur et la dilation qui en est la conséquence, sont un seul et même phénomène et que les deux réactions s'ajoutent et sont simultanées, mais nous pouvons néanmoins considérer de ces deux manières l'influence de l'éther sur le foyer qui l'a mis en jeu.

Dans le premier cas, les innombrables sphères concentriques des ondes, émanent continuellement du foyer et se propagent en provoquant la résistance du milieu compressible. Elles exercent ainsi une action qui s'appuie d'une part, sur la périphérie du globe, et dans tous les autres sens, sur le coussin éminemment élastique de l'éther qui cède jusqu'à de très grandes distances. Cette action, cette pression, est d'autant plus énergique que le rayonnement est plus intense, et que les couches d'éther, privées de la chaleur solaire par l'écran de la planète, sont plus denses et, par suite, plus résistantes.

Dans le second cas, le phénomène de réaction est encore plus simple. Il n'est pas nécessaire de recourir, pour en rendre compte, à l'ondulation elle-même ; le retour élastique du fluide dilaté suffit à l'expliquer. A mesure que la planète rayonne la chaleur, elle dilate l'éther contigu, et l'expansion de ce dernier se mani-

feste par une pression en tous les sens. Cette pression se heurte d'un côté à la surface de la sphère, et se perd dans toutes les autres directions, dans l'élasticité insondable du fluide qui lui résiste progressivement. Au rayonnement de la chaleur, correspond donc tour à tour une détente continue de l'éther dont le retour élastique vient heurter la surface qui a radié le calorique. Si ce phénomène est une ondulation, il est difficile de la différencier de l'ondulation précédente de la chaleur, si ce n'est par le fait qu'elle est de sens contraire et ne représente plus que de l'énergie mécanique. Au sein du fluide, la chaleur se transforme en énergie potentielle d'élasticité, et le potentiel, à son tour, s'exerçant sur la planète, se convertit en énergie cinétique. C'est le retour de la chaleur convertie. Le mystère est accompli, la chaleur partie dans l'élasticité de l'éther en revient force mécanique. Mais ce phénomène n'est un mystère que pour les sens. Si la chaleur est la manifestation sensible d'un état particulier des corps, état qui consiste en un mouvement ondulatoire, dire que la chaleur se transforme en mouvement, c'est affirmer simplement que le mouvement ondulatoire se change en un mouvement de translation, ce qui n'a rien de mystérieux et d'incompréhensible. Nous croyons à deux phénomènes différents, mais en réalité, le même mouvement continue à des degrés divers, avec une vitesse et une intensité différentes, puisqu'il est sans cesse amorti par le milieu résistant où il se transmet.

Chercher l'équivalent mécanique de la cha-

leur, dans la résistance à l'ondulation, c'est considérer la conversion dynamique sous son aspect philosophique, imperceptible, et, par conséquent hypothétique.Mais le phénomène nous présente une phase physique, sensible, dans laquelle la force élastique de l'atmosphère sert d'intermédiaire. L'air et surtout la vapeur d'eau, tour à tour dilatés par la chaleur et comprimés par l'éther, paraissent, comme dans les machines thermiques, le moyen terme entre le calorique et son équivalent. Les planètes possèdent en effet une atmosphère, et cette force élastique, extrêmement sensible à la chaleur, la convertit rapidement en énergie mécanique. Nous ne tarderons pas à étudier cette phase physique, mais il ne paraît pas absolument nécessaire de la distinguer déjà. Il vaut mieux discerner les mouvements qui sont le résultat de la réaction thermique avant d'analyser cette réaction. *En résumé, le rayonnement de la chaleur rencontre la résistance du milieu élastique, et la réaction de ce dernier influence le globe.*

La chaleur rayonne en tous les sens, mais inégalement. L'énergie répulsive varie donc avec la température des différentes parties de la surface planétaire. La pression thermique est plus ou moins intense selon le rayonnement qui la produit. D'autre part, les réactions de la chaleur s'exerçant en des directions concentriques, se détruisent en grande partie. La *force efficace de gravitation résulte d'une différence entre la plus forte et la plus faible des pressions opposées.*

A l'horizon du soleil levant, la température est minima et, par suite, le rayonnement très faible. Il est très intense, au contraire, à l'horizon du soleil couchant, d'où inégale réaction

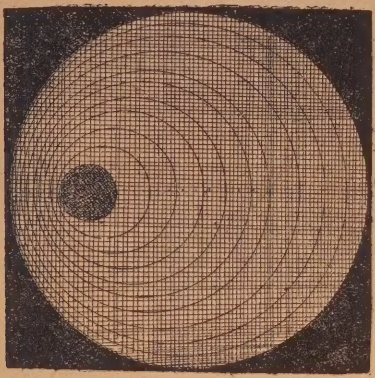


Fig. 2

sur des zones diamétralement opposées. Il y a mouvement dans le sens de la différence ; le mobile est déplacé de la plus forte à la plus faible réaction thermique. La résultante est représentée en intensité et en direction par cette différence.

La translation de la terre s'opère donc de l'hémisphère chauffé et dilaté du soir à l'hémisphère refroidi du matin. Mais ce sens n'est qu'une indication générale, car la chaleur ne se répartit pas uniformément à la surface des planètes. La résultante est sujette à de grands déplacements, selon que les courants fluides trans-

portent plus ou moins le calorique. Il est donc plus exact de dire que le mobile se déplace *de la plus forte à la plus faible somme de réactions.* La résultante ne peut pas être déterminée *à priori,* mais à la suite de vérifications expérimentales.

L'éther oppose une certaine résistance, mais, comme la rotation est continue, l'énergie de propulsion se renouvelle constamment au foyer solaire. Devant la résistance incessante de l'éther, la vitesse du mobile devient à peu près uniforme, elle suit les variations de l'énergie motrice.

La gravitation est ainsi ramenée aux conditions générales de tout mouvement. L'expérience révèle dans les déplacements que nous pouvons observer deux facteurs essentiels, une énergie et une résistance sur laquelle cette énergie s'appuie pour déplacer le mobile. La chaleur solaire est captée par l'élasticité de l'éther comme celle d'un foyer par la résistance de la chaudière. Le système planétaire est donc un système fermé. La puissance répulsive de la chaleur, ne pouvant s'échapper dans le milieu résistant, réagit sur le mobile qui la rayonne et le met en mouvement.

Pour plus de simplicité, la réaction de l'éther élastique est représentée par des circonférences situées sur une coupe de la région d'influence, mais il serat plus exact de la figurer par des sphères plus ou moins excentriques, car c'est en réalité dans l'espace à trois dimensions que s'exerce et se compose le jeu infiniment varié des pressions thermiques (fig. 3).

La réaction de la chaleur se compose avec l'attraction, et les deux forces combinées engendrent le mouvement curviligne de gravitation. L'une attire constamment le mobile vers le

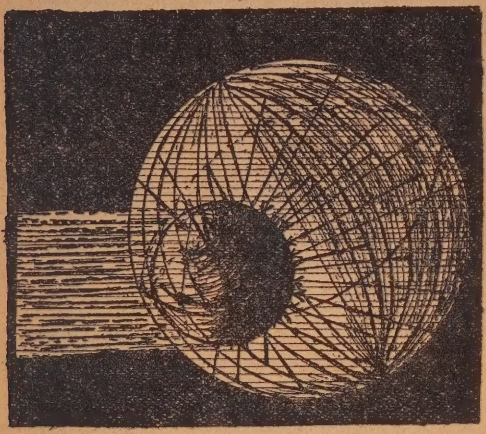


Fig. 3

foyer, l'autre tend à le projeter selon la tangente. Comme ces énergies se régénèrent sans cesse au même foyer, elles entretiennent une gravitation régulière et permanente. On peut ainsi comprendre pourquoi l'orbite de chaque planète et la durée de translation sont des quantités invariables, puisqu'elles dépendent de facteurs constants : la chaleur solaire et la surface que chaque planète présente à cette chaleur.

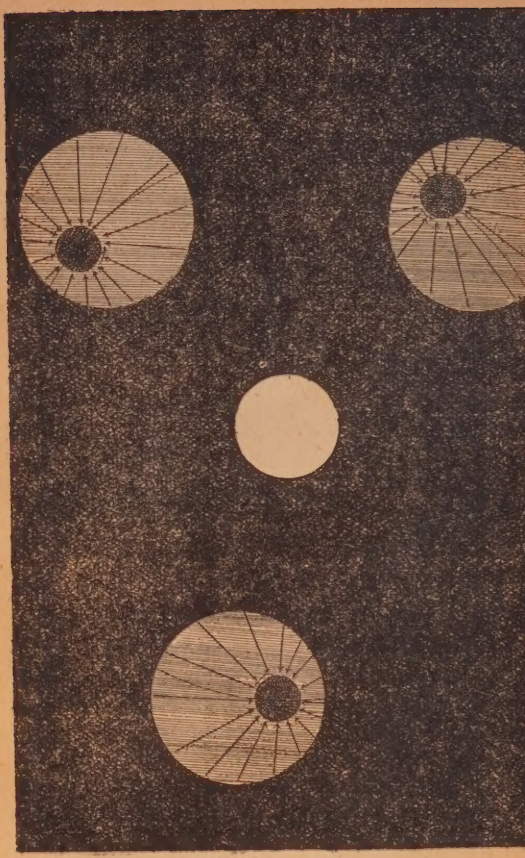


Fig. 4

Pour rendre compte des mouvements célestes, il n'est donc pas nécessaire de recourir à une force vive initiale dont l'élan centrifuge maintient une gravitation indéfinie, malgré la pesanteur qui tend sans cesse à concentrer les mobiles. On croyait voir une preuve de cette hypothèse dans le fait que toute planète, tout satellite, tombe à chaque instant à son centre d'attraction, selon les lois de la gravité. Mais ce fait s'exlique clairement dans l'hypothèse thermodynamique. Comme l'attraction et la chaleur sont l'une et l'autre en raison inverse des carrés des rayons vecteurs, elles tendent à s'équilibrer. Pendant que l'une éloigne le mobile, l'autre le rapproche. Ces deux influences égales et contraires le maintiennent à une distance relativement constante. L'attraction et la chaleur solaire varient selon la même loi, émanent du même foyer, s'appliquent aux mêmes mobiles. Les ressemblances fondamentales entre ces deux formes de l'énergie ne sont-elles pas des preuves en faveur de la gravitation thermodynamique ?

On voit à quelle illusion on aboutissait, en inférant du fait qui vient d'être cité, que les corps célestes gravitent comme des projectiles. On allait même jusqu'à démontrer que des masses animées d'une certaine vitesse peuvent se maintenir dans une translation indéfinie autour d'un centre d'attraction. Or, il y a des corps célestes, les satellites de Mars, par exemple, qui dans leurs évolutions autour de la planète sont loin de posséder la vitesse minima donnée par ces calculs aventureux, c'est-à-

dire 8 kilomètres à la seconde, et leur gravitation n'en reste pas moins stable. J'ai déjà montré ailleurs le vice de cette théorie fantaisiste. Elle aboutit à ce dilemme : ou la gravitation persiste sans dépense d'énergie, ou l'énergie dépensée préexiste tout entière dans l'élan primordial. L'absurdité de l'une et l'autre de ces propositions est évidente, et cependant, elles sont répétées depuis des siècles dans les ouvrages des savants et des vulgarisateurs. Ceux-là même qui sont le plus imbus de science positive défendent ces inconséquences avec acharnement. La thermodynamique céleste écarte définitivement ces conceptions ridicules et les rejette dans le domaine des abstractions.

Comme les pressions résultant de la chaleur s'exercent en tous les sens, elles engendrent d'autres mouvements que la simple translation. La mécanique céleste tout entière est régie par la transformation thermodynamique. Les oscillations multiples dont notre globe est le jouet, rotation, précession des équinoxes, nutation, etc., sont le résultat de ces pressions variables en intensité et en direction qui tendent vers un équilibre sans cesse détruit. Nous aborderons bientôt l'étude de ces mouvements.

Résistance passive du milieu

Le mouvement dans le plein

Si nous faisons de l'éther un milieu résistant, afin que la répulsion de la chaleur puisse prendre appui et déplacer les corps célestes, il est clair que ces derniers sont influencés, retardés

dans leurs mouvements par la résistance passive du fluide intercosmique. Quand Newton fit connaître la loi de l'attraction universelle, il n'entendit pas exclure l'existence d'un milieu même résistant. L'action à distance et le vide absolu furent formellement écartés par lui comme inintelligibles. « C'est pour moi une absurdité si grande, dit-il, que je ne crois pas que jamais un homme ayant en matière philosophique faculté de penser compétente, puisse jamais y tomber » (1). La conception de l'attraction a depuis bien varié. Malgré des affirmations contraires, la plupart des astronomes la considèrent implicitement comme une qualité occulte, plusieurs n'hésitent même pas à affirmer le vide absolu. « Partout, elles se meuvent comme si l'espace était vide » (2), dit Faye au sujet des comètes. La question de l'attraction, comme action à distance, sort de l'objet de cet ouvrage ; il suffira de montrer ici qu'un milieu résistant ne peut empêcher des mouvements rapides.

Le déplacement dans un milieu est le résultat d'une différence entre la puissance motrice et la résistance et, par suite, peut prendre toutes les valeurs, toutes les vitesses selon cette différence. Le principe d'Archimède suffit d'ailleurs pour lever la difficulté. Dans l'air et dans l'eau, les corps s'élèvent quand la poussée de bas en haut surpasse l'effort de la pesanteur, et le mouvement est en raison directe de la diffé-

(1) Lettre à Bentley.
(2) Traité de cosmographie.

rence. Comme dans cette théorie, la force motrice est la chaleur solaire, son effet mécanique se traduit immédiatement par une translation du mobile, puisque les pressions de l'éther, égales en tous sens, se neutralisent réciproquement. La résistance d'un milieu se comporte à peu près comme la masse des corps. Elle ne détruit pas l'énergie, ne la transforme même qu'en faible partie, elle la conserve le plus souvent à l'état mécanique. Quand la masse est soumise à la projection, la résistance ou inertie qu'elle oppose à la force balistique, s'emmagasine, devient force vive et contribue par la suite au déplacement du mobile. L'inertie n'est donc qu'une résistance dans le temps, le déplacement, qui serait sans elle instantané, est effectué intégralement, mais dans le temps. Le milieu agit de même, il rend aussitôt après l'énergie qu'il semble absorber. La force dépensée par le mobile pour vaincre la résistance en avant, pour déplacer un certain volume du milieu, est en tout ou en partie, compensée par l'impulsion que le milieu libéré vient donner à l'arrière. Suivant la qualité du milieu, il peut y avoir dispersion d'énergie ou conservation intégrale. Les liquides parfaits qu'on étudie en hydrostatique et en thermodynamique, jouissent de la propriété mathématiquement démontrée de n'opposer aucune résistance au mouvement d'une sphère, leur effet se réduit dans tous les cas à une altération de la masse apparente du mobile. L'expérience nous présente même des fluides dont les propriétés se rapprochent de celles des liquides parfaits. Dans ces

milieux, comme dans tout autre, le mobile rencontre évidemment des résistances, mais l'énergie dépensée est incessamment restaurée, de sorte qu'apparemment, il n'y a pas consommation de puissance motrice.

IV

Inclinaison de l'axe
Oscillation de la réaction thermique
Régulateur de gravitation

L'impulsion thermique a été indiquée dans sa direction générale, mais en réalité, à cause de l'inclinaison de l'axe planétaire, le phénomène n'est pas aussi simple qu'on peut le supposer. La résultante de la pression maxima ne se trouve qu'un instant dans le plan de l'orbite, elle oscille de part et d'autre de l'équateur comme un pendule. La trajectoire prend la direction moyenne entre les directions sans cesse variables de cette résultante.

Cette oscillation est d'autant plus ample que l'axe est plus incliné sur le plan de l'orbite. Elle va d'un tropique à l'autre. Elle se maintient approximativement, non à l'équateur de la planète, mais à l'équateur de l'hémisphère éclairé ; je dis approximativement, parce qu'il faut tenir compte de la zone polaire dont le refroidissement est moins régulier que celui des zones tempérées et tropicales, qui subissent toute l'année l'alternative du jour et de la nuit.

Ainsi, la pression thermique atteint aux solstices son plus grand angle avec le plan de l'équateur, tandis qu'aux équinoxes, elle est à peu près dans ce plan (fig. 5).

D'autres facteurs influent encore sur la direction de la pression maxima. Pour la calculer, il faudrait tenir compte de nombreux éléments : de la réflexion, dont l'intensité est bien différente sur les mers et sur les continents, des vents et des courants marins qui déplacent sans cesse une certaine quantité de calorique. La résultante s'établit automatiquement sous l'influence de causes diverses. Mais ces variations sont minimes relativement à la quantité de chaleur dépensée sur place. La résultante reste donc à peu près dans le plan du grand cercle sur la circonférence duquel se trouvent les plus grandes différences de température entre le soir et le matin.

L'inclinaison de l'axe n'est pas la cause, mais plutôt l'effet de l'oscillation thermique. Puisque nous considérons la chaleur comme la force motrice de la gravitation, ce serait nous contredire dans les termes que de regarder un mouvement comme la cause des changements de la force en direction. Nous devrons donc rechercher par la suite le principe de ces variations. Mais il importe de se faire une idée de la connexion des forces et des mouvements, avant d'aborder l'examen des causes premières auxquelles ils se rapportent.

On peut remarquer que la direction de la réaction thermique n'est pas celle de la trajectoire. Pour trouver le sens de cette dernière, il fau-

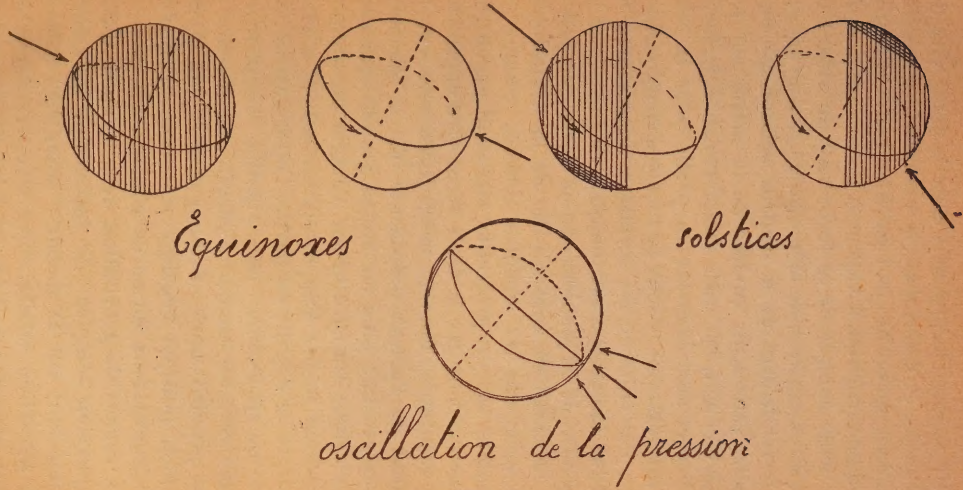


Fig. 5

drait composer la première avec la force vive de la planète, et déterminer la résultante générale. De même qu'on ne peut calculer l'effet mécanique d'une machine à vapeur à un instant donné, sans tenir compte de la force vive du volant et des autres organes, de même on ne saurait mesurer le rendement de la chaleur solaire sur une planète, sans tenir compte de la masse sur laquelle elle agit, car cette masse résiste à la force motrice et l'emmagasine en partie pour la rendre ultérieurement sous la forme d'énergie cinétique. Par suite de ses variations incessantes, la pression thermique est toujours en lutte avec la force vive de la planète, elle ne dévie que peu à peu la direction antécédente de la trajectoire. Elle agit sur les mobiles célestes comme la pesanteur sur un projectile, elle rend curviligne un mouvement que la seule force vive engendrerait rectiligne. Comme cette force vive est le résultat de l'action précédente de la chaleur, représente une plus ou moins grande quantité de calorique transformé en énergie mécanique, la chaleur solaire s'oppose constamment à elle-même et se détruit en partie. Cette destruction n'est qu'apparente, elle signifie simplement qu'une certaine somme d'énergie est revenue à l'état primitif après avoir parcouru un cycle complet, puisque l'énergie mécanique disparue se retrouve sous forme de chaleur.

La courbe de gravitation résulte ainsi d'une composition complexe de toutes les influences qui agissent sur le mobile : impulsion thermique, attraction solaire, force vive, résistance du milieu, etc... Il serait bien difficile de déterminer à chaque instant la résultante générale.

L'oscillation thermique prend une amplitude considérable sur les planètes dont l'axe de rotation est très incliné sur le plan de l'orbite. Sur la planète Vénus, la résultante de la pression maxima appliquée à l'équateur aux équinoxes, se trouve voisine du pôle aux solstices. L'inclinaison de l'axe mesure le plus grand écart de cette oscillation. Pour la terre, il est de $23°8' + 23°8' = 46°16'$. Toutefois, ce n'est là qu'une approximation, car l'axe n'est pas d'une fixité absolue, sa ligne imaginaire se déplace sans cesse dans la sphère.

En opposant plus ou moins l'impulsion thermique à la force vive de la planète, l'inclinaison de l'axe équivaut à une destruction ou plutôt à une transformation d'énergie solaire d'autant plus grande que cet axe est plus penché sur le plan de l'orbite. Elle fait heurter plus ou moins directement les forces qui agissent sur le mobile, et, par conséquent, diminue leur efficacité. L'inclinaison de l'axe est à la fois un frein et un régulateur. Elle est un frein, parce qu'elle annulle, en l'opposant à la force vive, une partie de la pression thermique, elle présente ainsi une certaine analogie avec les freins à frottement. Elle est un régulateur, parce que l'efficacité de la chaleur et, par suite, la vitesse et l'accélération du mobile, dépendent pour une grande part de cette inclinaison. Il est probable que la variation de la pression thermique n'est pas sans effet sur la rotation et doit l'influencer dans tel ou tel sens. Les observateurs pourront peut-être le préciser un jour.

La gravitation peut donc se régler à la fois

par la distance au foyer qui diminue la chaleur reçue, et par l'inclinaison de l'axe qui diminue son rendement. Ces deux causes agissent en même temps, puisque toutes les planètes se meuvent selon une trajectoire elliptique et tournent autour d'un axe penché sur le plan de l'orbite. Mais il est probable que la constitution de chacune d'elles ne permet pas indifféremment les deux modes ; l'inclinaison, faible et peu influente sur certains mobiles, peut être très forte et très efficace sur d'autres.

La chaleur solaire est loin de se transformer intégralement en énergie de gravitation. Cette énergie n'est qu'une différence ; une énorme quantité de chaleur se détruit en s'opposant dans son rayonnement concentrique, et contribue probablement à restaurer l'énergie d'attraction. Bien plus, la différence qui constitue l'impulsion thermique résiste à la force vive qu'elle a précédemment donnée au mobile, elle annule ainsi une nouvelle somme de calorique. Comme nos machines, les corps célestes ne sont donc pas des transformateurs parfaits.

Comment le seraïent-ils ? Nous verrons par la suite que, même en dehors de toute résistance et de toute influence extérieure, le mouvement curviligne équivaut à une destruction, ou plutôt à une transformation d'énergie mécanique, précisément parce qu'il est curviligne.

V

Rotation

Rotation cylindrique et rotation biconique

On démontre en mécanique qu'un couple de forces non parallèles, appliquées simultanément à deux points d'un mobile, lui impriment un mouvement de translation combiné avec un mouvement de rotation.

Or, l'attraction et la pression thermique ne s'appliquent pas au même point ; la première passe par le centre de gravité, et la seconde à l'intersection des pressions concentriques. Nous ne tarderons pas à remarquer que les différentes parties de la surface du globe ne convertissent pas avec la même facilité la chaleur qu'elles reçoivent. La pression thermique, non seulement ne se répartit pas également sur tous les points, mais encore varie sur chacun d'eux. La résultante générale agit donc en dehors du centre de la sphère et du centre de gravité qui sont peu variables, son point d'application se déplace sans cesse à l'intérieur du mobile, c'est le *centre mécanique*.

La rotation d'une planète se ramène donc à celle qu'imprime à un sphéroïde un couple de forces excentriques, les points d'application des énergies motrices évoluent autour d'un axe moyen.

La rotation excentrique peut présenter deux formes : elle est cylindrique, lorsque les deux

forces motrices sont dans le même plan perpendiculaire à l'axe, biconique dans le cas contraire.

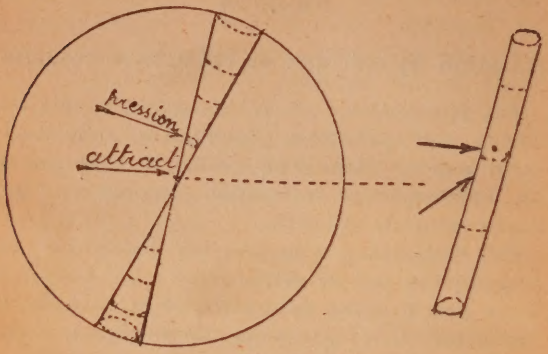


Fig. 6

Quand le plan des deux forces perpendiculaire à la ligne des pôles la maintient parallèle à elle-même dans toutes ses positions, elle lui fait décrire un cylindre de révolution. La planète tourne alors comme l'excentrique d'un essieu, mais tandis que l'essieu reste fixe, l'axe planétaire est mobile et ne se maintient jamais sur la même droite. La rotation devient biconique quand la pression de la chaleur n'est plus perpendiculaire à la ligne des pôles. Cette dernière décrit de part et d'autre du centre de gravité deux cônes symétriques, pareils à ceux que décriraient les axes de deux toupies tournant sur un même point, de chaque côté d'un plan.

Or, les deux forces motrices, attraction et

pression thermique, ne se trouvent dans un plan perpendiculaire à la ligne des pôles qu'aux équinoxes, quand elles traversent l'équateur. La rotation cylindrique n'est donc qu'une transition. Elle ne peut même, étant donnée la force vive du mouvement antérieur, être intégralement réalisée. Le mouvement giratoire redevient biconique après chaque équinoxe, et les cônes de révolution s'évasent progressivement jusqu'aux solstices où ils atteignent leur plus grande base.

La forme de rotation varie donc d'un jour à l'autre, et ces variations sont d'autant plus fortes que l'axe est plus penché sur l'orbite. On peut même affirmer qu'elle change à chaque instant, car le rendement mécanique des différents points du globe est d'une telle inconstance, que la résultante générale doit être soumise à des oscillations excessivement rapides.

VI

Cause de l'inclinaison de l'axe
Inégal rendement mécanique des terres et des eaux

On peut rapporter l'inclinaison de l'axe à un fait d'expérience : *la chaleur se transforme plus rapidement en travail sur les continents que sur les mers,* par suite, la différence de pression thermique qui engendre la gravitation est plus faible sur ces dernières. La brise qui

souffle sur les côtes, de la mer vers la terre, le jour, et de la terre vers la mer la nuit, nous en fournit la preuve, car elle se dirige toujours de la région la plus froide à la plus chaude. Les thermomètres à maxima et à minima nous permettent de préciser le fait. Dans les régions tempérées, c'est-à-dire de 25 à 50 degrés de latitude, la différence de température entre le maximum et le minimum d'un jour ne dépasse pas en mer 2 ou 3 degrés, tandis qu'elle peut atteindre sur les continents 12 à 15 degrés. Aussi, dans les îles, l'uniformité de la température est-elle très sensible, même pendant les grandes chaleurs, tandis que le jour devient plus chaud et la nuit plus froide, à mesure qu'on pénètre dans les continents à latitude égale. Le sol s'échauffe donc plus que la mer pendant le jour, et se refroidit plus pendant la nuit. Cette différence n'est pas seulement superficielle. A même latitude, les mêmes espaces reçoivent approximativement la même quantité de chaleur, mais tandis qu'elle s'accumule à la surface des continents, elle pénètre à l'intérieur de la masse des eaux, dont les couches externes sont constamment renouvelées par les couches profondes avant d'avoir atteint une haute température. Dans la Méditerranée, à une profondeur de 162 mètres, on constate une température constante de 13 degrés.

En dernière analyse, la différence entre la chaleur conservée et rayonnée par les terres et les mers se ramène au calorique spécifique et à la loi de Newton sur le refroidissement. On sait que le calorique spécifique ou capacité thermi-

que d'un corps est la quantité de chaleur que ce corps absorbe quand sa température s'élève de 0 à 1 degré, comparativement à celle qu'absorberait dans le même cas un égal poids d'eau, ce qui revient à prendre pour unité le calorique spécifique de l'eau.

Les corps présentent de grandes différences de calorique spécifique. Entre 0 et 100 degrés, la capacité calorifique de l'eau étant représentée par 1, celle du soufre est 0,2026 et celle du fer, 0,1138. La presque totalité des substances chimiques ont une chaleur spécifique inférieure à celle de l'eau. En raison de cette grande capacité thermique, l'eau met beaucoup plus de temps à s'échauffer et à se refroidir. Par suite, elle peut absorber ou céder beaucoup plus de calorique qu'un autre corps, à masse et à température égales. Inversement, pendant le temps d'action de la chaleur solaire, pendant le jour, sa température ne peut s'élever à un si haut degré que celle des autres substances, ni s'abaisser à un si faible pendant la nuit. Si l'on joint à ce fait le pouvoir absorbant très élevé de la vapeur d'eau, on peut s'expliquer comment les îles noyées au sein des vastes mers, telles les Açores et les Canaries, jouissent d'un climat constant.

Or, le refroidissement, c'est-à-dire la conversion mécanique de la chaleur, n'est pas en raison du calorique spécifique, mais de la température. Newton a posé sur le refroidissement et l'échauffement des corps la loi suivante : La quantité de chaleur qu'un corps perd ou gagne par seconde est proportionnelle à la différence entre sa température et celle de l'enceinte. Abstrac-

tion faite de l'équivalent mécanique, c'est l'énoncé même du principe de Carnot. Dulong et Petit ont montré que cette loi n'est pas générale, et ne reste exacte que pour les différences de température ne dépassant pas 15 ou 20 degrés, mais elle suffit à faire comprendre que la chute de calorique doit être plus grande sur les continents qui présentent une surface plus chaude.

Ce fait n'est pas la seule cause de la différence de rendement mécanique. Comme nous le verrons par la suite, l'atmosphère est sur notre planète l'intermédiaire élastique de la transformation. L'eau conserve une grande chaleur latente de vaporisation, c'est-à-dire absorbe pour passer à l'état gazeux une grande quantité de calorique. Ce calorique sera rendu ultérieurement par le retour au même état, mais il ne se traduit pas immédiatement en pression, en travail mécanique. Sous ce rapport, les moteurs à gaz ont un rendement plus rapide que les moteurs à vapeur. Comme les continents ne présentent à la chaleur que de faibles surfaces d'évaporation, cette dernière se traduit immédiatement en travail par l'intermédiaire des gaz atmosphériques ; une très faible quantité devient chaleur latente, d'où un refroidissement plus intense.

En résumé, la chaleur reçue par les continents reste à la surface, cette surface, en raison de sa faible chaleur spécifique, s'élève rapidement à une haute température ; enfin, le calorique, trouvant peu de liquide à volatiliser, se transforme immédiatement en pression et

par suite en travail, par l'intermédiaire des gaz atmosphériques.

Cette conclusion reste d'ailleurs d'accord avec le principe de Carnot. « Le rendement maximum d'une machine thermique ne dépend que des températures entre lesquelles fonctionne la machine », si l'on fait abstraction de la mise en marche pour considérer uniquement un instant donné du fonctionnement.

Ainsi, par leur nature même, les continents et les îles deviennent les transformateurs principaux de l'énergie solaire dont les océans sont le réservoir. Aussi, le transport de calorique se fait-il incessamment du réservoir aux surfaces de transformation. Les courants marins portent le calorique aux continents et le plus loin possible, au sein des continents. Ces derniers sont entourés d'un réseau mouvant d'eau tiède; ils pompent sans relâche la chaleur des océans. Ce sont des radiateurs dont les courants marins constituent les bouches de chaleur, et les fleuves, les canaux de retour du liquide condensé.

Il faut donc considérer la masse océanique comme un véhicule d'alimentation dont les fonctions sur la planète sont analogues à celles du sang dans le corps humain. Toutes les observations nous démontrent que la vaste étendue d'eau qui couvre une partie du globe ne forme qu'un océan unique dont la masse principale est située dans l'hémisphère sud. L'Atlantique, le Pacifique du Nord et la mer Arctique ne sont que des golfes s'étendant vers le Nord. Tout fait thermodynamique qui se produit sur un point quelconque de la surface ter-

restre a sa répercussion dans cet océan unique. Nous verrons par la suite, en étudiant les phénomènes atmosphériques, qu'il faut considérer cet océan comme la chaudière de la machine terrestre, dont le soleil est le foyer et l'atmosphère la force élastique.

Les continents ou transformateurs rapides, ne se répartissent pas uniformément sur le globe. La surface des mers de l'hémisphère austral est à celle de l'hémisphère boréal comme 13 est à 9. La planète se trouve ainsi divisée en deux hémisphères dont l'activité thermodynamique n'est pas équivalente. L'hémisphère terrestre convertit la presque totalité de la chaleur qu'il reçoit, cependant que l'hémisphère océanique en convertit moins. Il conserve le reste dans la masse des eaux jusqu'à une profondeur qui peut atteindre 1.000 mètres. La couche liquide externe, dont la température varie avec les saisons, possède habituellement cette épaisseur ; la couche continentale variable reste bien inférieure ; elle n'est guère que de 27 mètres à Paris.

Etant donnée la haute capacité calorifique de l'eau, l'énergie thermique en réserve au sein des mers est considérable. Il est facile de se représenter ce qui doit se passer. Le calorique accumulé se dirige vers les radiateurs, vers les transformateurs et, par conséquent, une certaine quantité de chaleur australe passe vers le nord où la conversion est plus rapide. Lorsque deux récipients, inégalement chauds, sont en présence, il y a chute de calorique du plus chaud au plus froid. L'étude des vents et des

courants révèle cet échange à la surface terrestre. Le mouvement le plus intense des courants chauds est dirigé du sud au nord. Supposons un instant que la chaleur soit symétriquement répartie dans les deux hémisphères, que la résultante se trouve dans le plan de l'équateur, et l'axe perpendiculaire au plan de l'orbite. Comme l'hémisphère boréal transforme plus de chaleur en force mécanique que son opposé, la résultante ne tardera pas à se déplacer vers le nord. A mesure qu'elle s'écarte du centre et se rapproche d'une extrémité de l'axe, elle l'incline, le couche sur le plan de l'orbite en le faisant basculer sur le centre d'attraction comme point d'appui. A la suite de cette inclinaison, la quantité de chaleur reçue diminue dans l'hémisphère nord et augmente dans l'hémisphère sud, jusqu'au moment où la pression australe de gravitation (différence entre la chaleur maxima et minima d'un même jour) atteint et dépasse la pression boréale. Ce moment arrive d'autant plus vite que le transport de calorique du sud au nord est plus intense, car ce transport accentue la différence australe et diminue l'opposée. L'échange se fait par les courants océaniques et les vents, par les vents périodiques à travers l'immense barrage de l'ancien continent que les courants ne peuvent traverser. Par suite de cette communication de calorique, l'hémisphère boréal, qui s'échauffe peu le jour par le rayonnement solaire, s'échauffe uniformément le jour et la nuit par l'arrivée des courants tropicaux, tandis que l'hémisphère austral, qui reçoit pendant le jour une grande

quantité de chaleur, est refroidi uniformément le jour et la nuit par l'arrivée de courants froids. La différence entre les températures maxima et minima d'un même jour, doit donc, avec l'échange de chaleur, diminuer dans l'hémisphère nord et augmenter dans l'hémisphère sud. Or, cette différence constitue précisément l'énergie de gravitation ; à mesure qu'elle croît ou décroît, elle déplace la résultante. Quand, par suite de l'augmentation de la chaleur du jour et de l'arrivée des courants froids, cette différence s'accentue dans l'hémisphère austral, la résultante se porte vers le sud, et, en agissant progressivement sur l'axe de rotation, amène le printemps boréal et l'automne austral. Mais cette oscillation de la ligne des pôles ne serait réelle que dans le cas d'une terre immobile, relativement au soleil : elle se combine en fait avec le mouvement de translation, de telle sorte que l'axe reste parallèle à lui-même dans ses positions successives. Quand l'axe d'un sphéroïde en translation circulaire garde des directions constamment parallèles, il prend relativement au centre de révolution les mêmes positions que s'il oscillait sur place dans tous les sens (fig. 7).

En vertu de l'inégale transformation de la chaleur, la ligne des pôles bascule donc sur le centre d'attraction, parce que la résultante des pressions motrices ne s'applique pas en ce point, mais en un autre, relativement peu distant, ce qui constitue un couple de forces inégales. Nous appellerons *Equateur mécanique* le plan perpendiculaire en ce dernier point à

l'axe de rotation, et nous essaierons de le déterminer approximativement.

Puisque la chaleur et le travail sont des phénomènes équivalents, à l'asymétrie mécanique devra correspondre l'asymétrie thermique. Or,

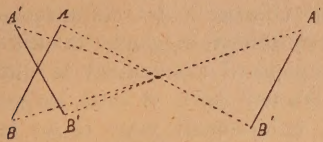


Fig. 7

nous savons précisément que la température n'est pas symétrique, relativement à l'équateur, dans les deux hémisphères. Les mers glacées commencent au 81° de latitude septentrionale, tandis qu'on les trouve dès le 71° de latitude méridionale. Certains auteurs attribuent cette différence à l'inégalité des saisons. Comme, dans cette théorie, nous faisons de la chaleur la force motrice universelle, et, par conséquent, la cause de l'inégalité des saisons, nous renversons complètement le point de vue. Nous attribuons cette inégale répartition de la chaleur à *l'inégal rendement mécanique des deux hémisphères*. Ainsi, nous ne cherchons pas, comme on l'a fait jusqu'ici, une différence de force dans une différence de mouvement, mais au contraire une différence de mouvement dans une différence d'efficacité de la puissance motrice.

D'ailleurs, l'inégalité des saisons n'est pour rien dans cette distribution. Le théorème d'Herschell : « La quantité de chaleur que la

terre reçoit du soleil pendant qu'elle parcourt une partie quelconque de son orbite, est proportionnelle à l'angle décrit autour du soleil », s'applique aux deux hémisphères comme à la planète entière. Les deux étés et les deux hivers, austral et boréal, reçoivent la même quantité de chaleur à des distances inégales et pendant des temps inégaux, la différence de temps compensant exactement la différence de distance. D'autre part, si cette inégale répartition avait uniquement pour cause la quantité de chaleur reçue, il serait bien difficile d'expliquer pourquoi l'hémisphère austral, au lieu de diriger ses courants vers ses régions polaires pour en fondre les glaces, envoie à l'hémisphère boréal plus de calorique qu'il n'en reçoit de ce dernier. Il est depuis longtemps démontré que les courants thermiques les plus intenses s'établissent de l'enceinte qui possède le plus de chaleur à celle qui en dépense le plus.

L'inégal rendement mécanique des deux hémisphères rend parfaitement compte du fait. Par suite de la transformation plus rapide, la chaleur trouve une plus faible résistance, une sortie plus facile vers le nord, et se distribue automatiquement, selon la résistance.

Le plan de symétrie mécanique, ou équateur mécanique, se trouve ainsi au nord de l'équateur géométrique, vraisemblablement vers le 8° ou 10° degré de latitude nord. La résistance à la transformation dynamique étant symétrique à ce plan, la circonférence qui le limite est le point de départ des courants chauds qui font de part et d'autre le même trajet avant de se

refroidir, pourvu qu'ils rencontrent des transformateurs équivalents.

Les zones glaciales commencent à égale distance de ce plan.

Puisque la pression de gravitation oscille de part et d'autre de l'équateur mécanique, il faut chercher la résultante de l'année entière non à l'équateur géométrique, mais à l'équateur mécanique.

VII

Précession des équinoxes

Si l'équateur mécanique indique la direction de la résultante thermique pour l'année entière, il est clair que la ligne des pôles ne peut se maintenir longtemps parallèle à elle-même. Pour qu'un mobile garde des positions successivement parallèles, il faut que la résultante des forces motrices s'applique constamment au centre de gravité. Or, comme nous l'avons remarqué, si les pressions alternent autour du centre d'attraction, elles exercent une action plus intense d'un côté de ce point. La résultante pour l'année entière est donc excentrique. Cette résultante détermine avec celle de la pesanteur une nouveau couple qu'il ne faut pas confondre avec celui de rotation. Chacun de ces couples résulte de la projection du point d'application de la force motrice sur les deux coordonnées, le rayon équatorial et le rayon polaire.

Le couple de rotation, quoique variable, peut être déterminé à chaque instant, tandis que le couple de précession provient des différences d'une année entière ; c'est un résidu.

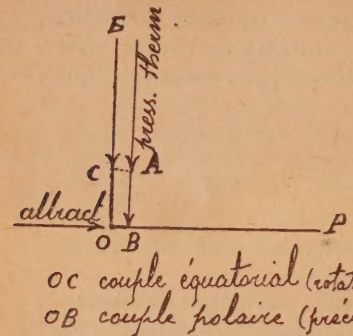


Fig. 8

Le centre de gravité est probablement très proche du centre géométrique, s'il ne se confond avec lui. Son écart, en tous cas, ne peut atteindre celui du centre mécanique sans amener une déformation du sphéroïde que rien ne révèle. Les deux résultantes générales pour l'année entière, attraction et pression thermique s'appliquent donc en deux points distincts de l'axe. Il est ainsi facile d'entrevoir qu'elles provoqueront un mouvement distinct et indépendant de tous les autres. Ce mouvement, toujours de même sens, et s'ajoutant d'année en année, fait parcourir à la ligne des pôles un cône de révolution pareil à celui que décrit l'axe d'une toupie en mouvement. La figure 9

indique la différence AB de pression thermique qui imprime à l'axe ce mouvement continu, et amène la précession des équinoxes en avançant l'instant où la ligne des pôles est perpendiculaire aux rayons solaires.

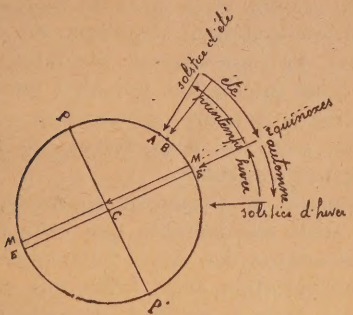


Fig. 9

La précession a été découverte il y a 2.000 ans par Hipparque et mise hors de doute par Ptolémée vers l'an 130 de notre ère. On a cru en trouver la cause dans l'attraction du soleil sur le renflement équatorial, mais cette explication n'est qu'une des innombrables illusions de la mécanique céleste cinétique. Quelle que soit la forme du sphéroïde sur lequel elle s'exerce, l'attraction trouve à un instant donné un point d'application unique, et une force unique ne peut engendrer le mouvement de révolution qui avance méthodiquement les équinoxes. Laplace a montré qu'aucune cause due à la pesanteur universelle ne peut déplacer sensi-

blement l'axe autour duquel s'exécute la rotation apparente de la sphère céleste et, par suite, l'axe de la terre.

La théorie thermodynamique, au contraire, rend compte du mouvement par le jeu simultané de deux forces : l'attraction qui agit au centre de gravité, et la pression thermique dont la résultante générale s'applique en dehors de ce centre. Le mouvement séculaire de l'axe devient ainsi intelligible, puisqu'il est démontré en mécanique que tout mouvement conique de révolution nécessite deux forces, ou une puissance et une résistance.

On pourrait se demander comment une différence aussi considérable que celle du rendement mécanique des deux hémisphères détermine une variation aussi faible que celle de la précession. Mais il ne faut pas oublier que la précession n'est pas le seul effet de l'inégale transformation dynamique des continents et des mers. Par le jeu même des forces thermiques et la disposition des saisons, les deux hémisphères n'ont pas le même temps de jour et de nuit. Pour le pôle boréal, l'année se compose de $186 \times 24 = 4.464$ heures de jour et de $179 \times 24 = 4.296$ heures de nuit, tandis qu'au pôle austral il y a 4.464 heures de nuit et seulement 4.296 heures de jour. Un point quelconque des deux hémisphères accuse de même une différence avec son symétrique de l'hémisphère opposé. Ainsi, à Paris, l'année se compose de 4.330 heures de nuit, tandis qu'un point de même latitude australe en a 4.430. L'hémisphère sud se trouve moins longtemps

en face du foyer et plus longtemps dans la nuit. Or, la nuit correspond à une perte et par suite à un appel de chaleur. Cette différence compense en partie l'inégal rendement mécanique. La précession des équinoxes n'est que le résultat d'une différence, celle qui subsiste quand les influences contraires se sont absorbées.

La précession avance les équinoxes d'un arc de 50"2 et fait décrire à la ligne des pôles une révolution complète en 25.900 ans. Il y a 2.000 ans, au temps d'Hipparque, le soleil à l'équinoxe de printemps était dans la constellation du Bélier, il se trouve aujourd'hui dans celle des Poissons. Depuis cette époque, en effet, le point vernal a rétrogradé de

$$50"2 \times 2.000 = 27°53'20".$$

Dans près de 24.000 ans, le soleil aura occupé toutes les constellations du zodiaque. La ligne des pôles se rapprochera encore de l'étoile polaire jusque vers l'an 2605, puis elle s'en éloignera, et dans 12.000 ans, les navigateurs se guideront sur Wéga. Ainsi, ce qui nous paraît le plus immuable de ce monde, les constellations que nous croyons revoir à la même place qu'au temps de notre enfance, s'en vont lentement ; le spectacle des cieux se renouvelle. Nous fuyons incessamment dans l'océan du devenir, et il n'y a pas de récif où nous puissions nous accrocher.

VIII

Déplacement de l'équateur mécanique
Inversion océanique
Continents découverts et submergés

Nous aboutissons maintenant à la conclusion la plus curieuse de la gravitation thermodynamique, conclusion confirmée par la géologie, la paléontologie et l'histoire des peuples primitifs.

Pendant une période de 10.500 ans, l'hémisphère océanique devient continental, une certaine masse de ses eaux passe lentement dans l'hémisphère opposé et en submerge les plaines basses. Ce phénomène a déjà été entrevu et même constaté par un certain nombre de savants qui ne se sont pas entendus sur les causes qu'il fallait lui assigner. La théorie thermodynamique y aboutit fatalement.

Comme cette inversion dure très longtemps, elle est insensible. Pour la constater, il faut se baser sur un grand nombre d'années. Mais avant de la confronter avec les faits, montrons qu'elle est une conséquence nécessaire de la gravitation thermodynamique.

Par la précession, les équinoxes parcourent lentement l'orbite terrestre, tandis que le grand axe de l'ellipse reste invariable en quantité, et ne se déplace, ni dans le même sens, ni selon la même loi.

En effet, le volume et la masse de la planète,

la chaleur solaire et la résistance de l'éther, causes qui déterminent les éléments de l'ellipse, sont des quantités constantes. Si elles sont soumises à des variations, celles-ci, liées à l'évolution générale de l'univers restent infimes et imperceptibles pendant les périodes que nous considérons. La même somme de chaleur tombant sur le même transformateur doit engendrer le même mouvement et la même trajectoire, pendant le même temps.

On ne voit pas comment cette dernière pourrait changer quand ses causes demeurent identiques. L'invariabilité de la température moyenne de la terre (d'après Laplace, elle n'aurait pas varié de 1/10 de degré en 2.000 ans), et la constance des grands axes sont des facteurs qui restent intimement liés. Nous pouvons en tirer la constance de la transformation dynamique annuelle, qui entraîne elle-même la permanence du temps de révolution que l'observation a depuis longtemps démontrée.

La constance de tous ces éléments ressort d'ailleurs clairement du théorème de Herschell. Si la chaleur reçue dépend uniquement de l'angle décrit, le même transformateur devra parcourir à chaque évolution la même trajectoire pendant le même temps.

Ainsi, tandis que la précession dépend du point d'application de l'énergie motrice, le grand axe de l'ellipse dépend de la quantité invariable de cette énergie, et par conséquent, ses extrémités, le périgée et l'apogée, restent relativement à la même distance du foyer. Les variations d'excentricité dont nous étudierons

par la suite la cause, restent fort minimes. Quant au mouvement du grand axe dans la sphère céleste, il est dû à une tout autre cause que celui de la précession. Il prend des valeurs fort différentes en vitesse et en direction.

Les équinoxes se meuvent donc sur une ellipse invariable et passent alternativement au périgée et à l'apogée qui ne se déplacent ni dans le même sens, ni selon la même loi.

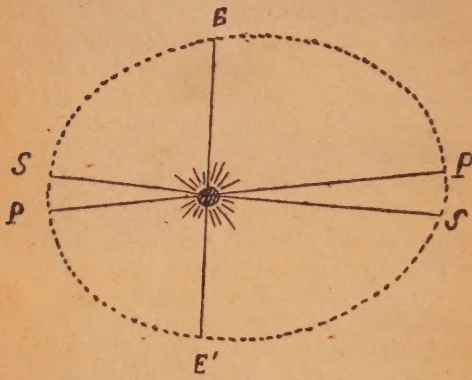


Fig. 10

Pour calculer la période d'une révolution complète et la rapporter non au même point du ciel, mais au grand axe, il faut ajouter les deux déplacements de sens contraire, celui des équinoxes 50"2 et celui de la ligne des absides 11"8. Nous obtenons ainsi 61"10 comme variation annuelle rapportée au grand axe de l'ellipse, et une période de $\frac{360^{\circ}}{61'10}$ que nous ex-

primerons approximativement par 21.000 ans.

Actuellement, l'équinoxe de printemps se rapproche lentement du périgée et dans moins de 10.000 ans, le solstice d'été de notre hémisphère, qui se trouve encore assez près de l'apogée, devrait passer au périgée.

Mais par le jeu même des forces thermiques l'hémisphère continental ne peut pas passer au périgée en été.

Nous avons attribué la précession à l'asymétrie mécanique, au fait que la résultante annuelle se trouve au nord du centre de gravité, et par suite exerce sur l'hémisphère boréal une pression supérieure. C'était assigner brièvement une cause à l'effet, sans rechercher si cette cause peut produire le mouvement de la précession, tel que l'observation nous le révèle, sans se déplacer à la surface du globe. Mais la révolution conique de l'axe qui avance les équinoxes ne devient possible que si la résultante générale annuelle franchit l'équateur, passe périodiquement de chaque côté du centre de gravité, d'un hémisphère à l'autre. La précession est un mouvement qui se produit en sens inverse après un temps déterminé. L'équinoxe de printemps du même hémisphère s'éloigne tour à tour et se rapproche du périgée, ou plutôt le même pôle de la terre s'éloigne du même point céleste pour y revenir selon la même loi. Or, si l'équateur mécanique se maintenait constamment dans le même hémisphère, il ne pourrait engendrer ce mouvement de révolution conique, mais au contraire un mouvement constant de rotation de l'axe qui amènerait

successivement chaque pôle au même point du ciel, de telle sorte que le même hémisphère deviendrait tour à tour austral et boréal. Pour que le même pôle revienne à son point de départ, tout en restant du même côté de l'écliptique, il faut que la cause de la précession agisse en sens inverse pendant des temps égaux. Le mouvement rapporté à un point fixe, comme l'étoile polaire, se réduit donc à une oscillation de la ligne des pôles, autour du centre de gravité terrestre.

Si pour engendrer la rotation, la force motrice doit agir constamment du même côté du point de gravité, pour produire l'oscillation, elle doit agir tantôt d'un côté de ce point, tantôt de l'autre.

D'ailleurs, le passage de l'hémisphère continental au périhélie, en été, entraînerait des troubles profonds. Comme il dépense rapidement sur place la chaleur reçue, s'il passait en été plus près du soleil, la vitesse de translation serait considérablement augmentée et, inversement, diminuée en hiver, car l'hémisphère océanique ayant son été à l'aphélie, absorberait la chaleur plus lentement, si la durée des saisons restait invariable On ne saurait même jusqu'à quel point on pourrait parler de périhélie et de saisons, puisque nous avons rapporté tous ces phénomènes à la chaleur accumulée par la terre. La trajectoire terrestre devrait se modifier pour reprendre la même forme après un certain temps. De toute façon, on aboutit à une cause qui agit périodiquement de part et d'autre du centre de gravité. Dans la théorie

thermodynamique, cette cause ne peut être qu'une partie de la masse des océans passant alternativement d'un hémisphère à l'autre.

A mesure que les équinoxes se déplacent, l'hémisphère maritime déverse une partie de ses eaux sur l'hémisphère continental, et, par suite, l'équateur mécanique se rapproche lentement de l'équateur géométrique, pour passer dans l'hémisphère austral dès que les océans ont reflué vers le nord. Ce mouvement atteint son terme quand le solstice d'été de l'hémisphère coïncide avec l'apogée de l'orbite, puis il recommence en sens inverse. Au milieu de la période, les océans sont également répartis de chaque côté de l'équateur géométrique, qui coïncide alors avec l'équateur mécanique.

Ce serait renoncer à toute la théorie, ou aboutir à un cercle vicieux, que de considérer la précession comme la cause de la transvasion des eaux. Puisque nous avons expliqué la gravitation par la conversion dynamique de la chaleur, il est clair que l'inversion océanique n'est pas l'effet de la précession, elle en serait plutôt la cause, mais il est mieux de la considérer comme un effet simultané et collatéral. Pour rester conséquents nous devons donc déduire cette inversion d'un phénomène thermodynamique terrestre.

Par quel effet mécanique la chaleur solaire peut-elle chasser périodiquement une partie des eaux d'un hémisphère à l'autre ? La géologie et la géographie sous-marine nous le révèlent en montrant la corrosion continue de la terre par les courants marins. Les courants

chauds se meuvent vers les continents, leurs radiateurs, à la surface des océans, tandis que les courants froids de retour se déplacent dans les profondeurs et entrent très souvent en contact avec l'écorce terrestre. Or, la force vive des courants est considérable. Qu'on se représente l'effet mécanique d'un fleuve qui aurait 1.000 mètres de large et 500 mètres de profondeur, se mouvant avec une vitesse de 1 m. 50 par seconde ! Il corrode les arêtes, nivelle les dépressions, lave les fonds, charrie, roule, les débris de toutes sortes. Sur son passage, tout est chassé dans le même sens. C'est un transport continuel de dépôts sous-marins, de dunes, d'alluvions fluviales que le courant dérobe en balayant les estuaires et les plages sablonneuses. Mais, tandis que les courants froids de retour entraînent ces matériaux à l'hémisphère maritime, les courants chauds ne rapportent rien à l'hémisphère continental, puisqu'ils se meuvent à la surface des eaux, et n'entrent en contact avec les solides qu'à l'approche des côtes. Les cuvettes de l'hémisphère océanique se comblent ainsi automatiquement. Loin des rivages, par les fonds de 1.000 à 3.000 mètres, le lit marin est composé de fragments de coquillages et de testes calcaires d'animalcules. De 4.000 à 5.000 mètres, on trouve une argile formée de foraminifères. Nulle part, dans les lits profonds, on ne découvre la roche nue, mais des débris arrachés par le frottement aux faibles profondeurs.

Ce nivellement continu des bas-fonds déplace une certaine quantité d'eau qui reflue vers

l'hémisphère opposé par le seul effet de la pesanteur. Le solide chasse le liquide.

L'un des hémisphères s'accroît en quelque sorte par le transport maritime, et la distance de chacun de ses points au centre du globe augmente. Peu à peu, de siècle en siècle, ses îles s'élargissent et deviennent des continents. Si les matériaux étaient uniquement empruntés aux fonds marins, les eaux ne feraient que combler la dépression produite par le déplacement et le niveau des mers resterait invariable. Mais les continents apportent leur contribution. Les fleuves remplacent incessamment les dépôts qu'emportent les courants. Les terres, fournissant des alluvions à la mer sans jamais en recevoir, finiraient par être lavées et nivelées. C'est le phénomène de la vie, et surtout de la vie végétale, qui ramène sur les continents les matières emmenées par les pluies. L'oxygène, l'hydrogène, l'anhydride carbonique, l'azote, subissent sans cesse l'appel de la végétation ou de l'activité chimique. Les résidus organiques, les synthèses, dont certaines sont solubles et les autres peu denses retournent à l'océan par voie fluviale. L'aspiration thermodynamique de la mer est compensée par la concentration matérielle que l'activité vitale et surtout végétale opère sur les continents. Par suite, l'inversion ne peut recommencer en sens inverse qu'au moment où la végétation d'un hémisphère dépasse celle de l'autre. Ce sont donc les déchets de l'activité du globe, amassés par les courants sur un seul hémisphère, qui déterminent le balancement océanique.

Il est bien difficile de rechercher plus avant la cause de ce phénomène astronomique. Le fait qui semble jusqu'ici antérieur à tous les autres, est l'inégale répartition des continents, ou plutôt le relief extérieur de la planète, et l'impuissance des eaux à la recouvrir tout entière. Poursuivre plus loin la question, c'est toucher à la nature et à l'origine des corps, sujet d'ordre métaphysique et cosmogonique.

Ainsi, la masse océanique, périodiquement surélevée, découvre et recouvre tour à tour les plaines, tandis que les montagnes et les plateaux surnagent et deviennent alternativement des îles et des massifs. La transvasion lente et continuelle peut submerger brusquement les terres, quand le niveau marin dépasse les bords d'une cuvette comme celle de l'Afrique centrale ou des digues pareilles à celles des Pays-Bas. — De la période de 10.500 ans, nous pouvons déduire la hausse annuelle des mers, mais en raison des données incertaines, il ne peut être question que d'une vague approximation. D'ailleurs, la mesure du phénomène importe peu actuellement. Si on parvient à le constater, on pourra essayer de le préciser. Le lecteur devra donc considérer les nombres donnés comme des indications approximatives appelées à être rectifiées plus tard.

Quoique les sondages effectués soient fort nombreux, il est difficile d'évaluer la profondeur moyenne de l'océan. Nous choisirons les nombres intermédiaires entre les données extrêmes des géographes. D'après ces nombres, si les eaux recouvraient uniformément la sur-

face terrestre, elles formeraient une couche de 1.000 mètres d'épaisseur. Nous devrons admettre d'autre part que les volumes respectifs des masses océaniques des deux hémisphères sont dans le même rapport 13/9 que les surfaces. La grande dépression du Pacifique étant diamétralement opposée au continent asiatique, l'hypothèse paraît fort vraisemblable. La profondeur moyenne de l'hémisphère océanique est donc de $\frac{1000 \times 13}{11} = 1.182$ mètres et celle de l'hémisphère continental de $\frac{1000 \times 9}{11} = 818$ mètres. La différence 364 mètres, doit être répartie sur $105000 - 700 = 9.800$ ans, puisque le solstice d'hiver a dépassé le périgée depuis près de 700 ans. La hausse annuelle est donc de $\frac{364}{9.800} = 0$ m. 0372 par an ou 3 m. 72 par siècle (1).

Depuis le temps de Saint Louis, époque à laquelle l'inversion sud-nord a recommencé, les eaux ont dû s'élever de 22 mètres. L'Histoire ne confirme pas un exhaussement aussi considérable, mais il ne faut pas oublier que les courants côtiers rejettent constamment les sables sur le rivage et forment des bourrelets que la marée nivelle et étend sur les terres. D'autre part, les fleuves apportent constamment leurs alluvions dans les dépressions les plus menacées. Mais,

(1) L'intensité du phénomène n'est pas constante, elle diminue avec la différence des deux hémisphères. Ce chiffre, d'une très vague approximation, ne représente qu'une moyenne.

comme l'atteste la formation du Zuider-Zée, cet exhaussement automatique ne peut lutter qu'un temps contre les progrès de la mer.

Ce phénomène a été peu remarqué au cours de l'histoire, car pendant 1500 ans, il s'est produit en sens inverse et s'est par suite annulé. Les eaux ont aujourd'hui le même niveau qu'au VI[e] siècle. Il faut remonter au delà de cette époque pour répartir sur une longue période les progrès de même sens.

Les hausses séculaires s'ajoutant désormais, les eaux ne tarderont pas à envahir les plaines basses. Dans 600 ans, Paris sera déjà port de mer ; dans 1.000, il sera submergé. Les terres ont ainsi une prospérité d'autant plus courte qu'elles sont moins élevées. Dans 10.000 ans, lorsque Wéga servira d'étoile polaire, lorsque les volcans d'Auvergne se rallumeront, l'Europe ne sera plus qu'un archipel. Seuls, les plateaux et les montagnes, « rari nantes in gurgite vasto », émergeront de l'océan.

IX

Preuves de l'inversion océanique

Lorsqu'en poursuivant les conséquences de l'asymétrie thermodynamique du globe, j'aboutis à l'inversion océanique, je savais vaguement que le phénomène avait été pressenti mais j'ignorais totalement qu'on l'eût rapporté à la précession. J'ai constaté par la suite que certains auteurs l'avaient déjà attribué de la pré-

cession des équinoxes. Ces auteurs admettaient intégralement l'ancien système de mécanique céleste, ils établissaient leur théorie sur des principes et des raisonnements tout différents, mais parvenaient à une conclusion analogue à celle que nous tirons.

Déjà, dès la fin du XVIII[e] siècle, Bertrand de Hambourg (1), l'attribue à un aimant qui se trouverait dans la sphère creuse de la terre et auquel les planètes et les comètes imprimeraient un mouvement de va et vient comparable à celui du pendule. Il n'est pas besoin de dire que cette hypothèse chimérique et invérifiable a dû être abandonnée. Adhémar (2), le premier, au milieu du dix-neuvième siècle, soutient que les déplacements périodiques de la mer résultent de la précession des équinoxes et, peu après, Le Hon (3) suit la même voie. Je n'ai malheureusement pas pu me rendre compte des progrès de la question depuis 1860, mais je présume que des efforts ont été dirigés dans ce sens. James Croll a également invoqué la précession des équinoxes pour rendre compte de la périodicité des époques glaciaires, mais son raisonnement se base uniquement sur des différences de chaleur, il ne paraît pas y associer les oscillations marines.

Adhémar essaie de prouver que :

1° Par suite de la précession, il y a inégalité

(1) Louis Bertrand. — *Renouvellement des continents terrestres.* 1799.

(2) Adhémar. — *Révolutions de la mer.* 1842. 2[me] édit. 1860.

(3) Le Hon. — *Périodicité des grands déluges.*

entre la somme des heures de jour et celle des heures de nuit des deux hémisphères.

2° Cette inégalité amène une différence entre les températures correspondantes.

3° Cette différence en entraîne une équivalente dans le poids des deux masses glacées des pôles.

4° L'équilibre étant rompu, le centre de gravité se déplace et avec lui la masse des océans.

5° Ce déplacement peut s'opérer brusquement par la fonte subite des glaces et constituer un véritable déluge.

La thèse ainsi présentée devait se heurter à de multiples objections. L'auteur ne peut pas prouver, malgré l'inégalité du temps de jour et de nuit, la différence de température des deux hémisphères. Ses adversaires ne manquent pas de lui objecter le théorème de Herschell. Cependant, cette intuition remarquable conduisait Adhémar à d'intéressantes conclusions. Sur ce point, cette théorie trouve donc quelques précédents.

La preuve de l'inversion périodique pourrait être considérée comme faite, et nous n'en parlerions que pour en chercher la cause dans l'effet mécanique de la chaleur, si les géologues n'y avaient renoncé, sur les affirmations des astronomes ne cessant de répéter que la physique du globe reste indépendante des phénomènes célestes.

D'autre part, comme l'inversion océanique peut devenir un jour l'une des bases expérimentales de la thermodynamique céleste, il n'est pas

inutile de présenter quelques-unes des preuves qui l'établissent.

Elle ressort de la configuration même des deux hémisphères. Les pointes méridionales de tous les continents sont rocheuses et élevées ; ce sont des massifs qui s'arrêtent brusquement au bord de l'océan. L'Amérique se termine par l'escarpement du cap Horn, l'Afrique, au cap de Bonne-Espérance, par de hauts plateaux et les montagnes de la Table, l'Asie par les rochers élevés du Cap Comorin. L'Australie présente à son extrémité méridionale la même nature abrupte et massive.

L'hémisphère boréal étale, au contraire, les vastes plaines basses et continues de la Sibérie, de l'Europe septentrionale et du Canada. La surface du globe se trouve ainsi divisée en deux grandes zones dont l'une contient les masses terrestres les plus étendues, les plus rapprochées, l'autre, des extrémités péninsulaires abruptes et rétrécies.

Les sciences naturelles nous apportent des preuves plus précises, en nous montrant que des terres australes, jadis habitées, au moins par des animaux, sont actuellement submergées, tandis que la plupart de nos plaines septentrionales sont les fonds d'anciennes mers.

Examinons successivement ce double fait de l'immersion australe et de l'émersion boréale.

D'après un certain nombre de naturalistes, les nombreux archipels du Pacifique seraient les restes d'un continent, actuellement envahi par les eaux, qui reliait autrefois l'Australie à l'Amérique du Sud. Il n'y a pas moins de soixante-

quinze espèces de plantes communes à la nouvelle-Zélande, à la Tasmanie et à l'Amérique méridionale. La présence des marsupiaux est aussi significative et constitue un lien entre l'Australie et l'Amérique du Sud. Sur ces deux points seulement, ils ont survécu jusqu'à nos jours. Ces animaux sont inconnus dans l'ancien monde, si ce n'est dans l'Indo-Chine qui, à cet égard, peut être regardée comme une dépendance de l'Australasie. Ils sont au contraire représentés dans le continent Austral par plus de deux cents espèces, tandis qu'on y rencontre ni singes, ni pachydermes, ni ruminants et que les carnassiers, les rongeurs et les édentés y sont rares.

D'autre part, la Patagonie et la Bolivie semblent avoir appartenu à un continent antarctique distinct de l'Amérique actuelle et avoir formé une immense péninsule bordée de grands golfes à l'est et à l'ouest, et dont les plaines sont maintenant recouvertes. La mer des Antilles réunissait les deux grands océans et l'équatorial courait librement entre les deux Amériques. Il portait sur les côtes septentrionales du continent austral la chaleur qui lui donnait le climat tropical qu'indiquent la faune et la flore qu'il possédait alors.

D'après Moréno, la richesse seule de la faune de la Patagonie prouve que celle-ci a formé autrefois un vaste continent empiétant sur l'Atlantique et le Pacifique. Cette faune serait montée vers le nord au lieu d'en être descendue.

Les données géologiques sont moins nombreuses pour l'Afrique, mais il semble bien que l'Atlantide dont parlent des auteurs très anciens,

comme d'une terre disparue, était une plaine Africaine. Hipparque et les géographes les plus fameux de l'antiquité, peut-être sous l'influence de vieilles traditions, admettaient l'équilibre parfait des terres et des mers. Ptolémée dessina même au sud de la mer des Indes une côte continentale rattachant l'Afrique aux Indes.

Un grand nombre de faits géologiques nous révèlent que nos continents ont été, au contraire, libérés des eaux à une époque relativement récente. La plupart des phénomènes qu'on a attribués à la débâcle des glaces, peuvent être expliqués par l'action continue des courants marins au temps où notre hémisphère était océanique.

Des débris arrachés aux montagnes de la Scandinavie couvrent des étendues considérables de l'Allemagne, de la Pologne et de la Russie. De même, d'innombrables blocs erratiques originaires de la Suisse jonchent les plaines de Lombardie et la vallée du Rhône. Le même fait s'est produit dans l'Amérique septentrionale ou les plaines sont couvertes de fragments provenant des montagnes et des massifs. Ces dépôts, qui ont généralement plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, sont disposés dans la direction de l'axe terrestre. Leur nature atteste leur origine et permet de reconnaître la voie qu'ils ont suivie. Ils se rattachent tous à des montagnes ou à des plateaux situés au nord des plaines où ils se trouvent. Leur surface est d'ailleurs couverte de sillons et de stries qui indiquent la même direction. Les traînées de cailloux, les moraines, sont également disposées

dans le sens nord-sud. Sur le versant méridional des montagnes, les dépôts n'offrent pas de traces de cannelures, ce qui indique clairement que la force motrice charriant ces matières se dirigeait vers l'équateur. Cette force devait être considérable pour abattre les arêtes des rochers, et continue, pour les arrondir et les polir comme les rivières rapides polissent les cailloux. « Ce qu'il y a de certain, dit Elie de Beaumont, après avoir décrit ces transports de matériaux, c'est qu'un phénomène des plus extraordinaires a sillonné ces contrées septentrionales avant la naissance du genre humain, et que ce phénomène a été immense. »

« Ce phénomène immense », les géologues, toujours en quête de merveilleux, l'ont attribué à un cataclysme, à une débâcle subite des glaces, mais il est facile à expliquer par le jeu continu des courants marins à l'époque où notre hémisphère était submergé. Les montagnes d'aujourd'hui étaient alors des îles, et chaque courant chaud qui leur apportait le calorique, se doublait d'un froid qui ramenait le liquide vers la zone équatoriale, ou plutôt le même courant descendait dans les profondeurs après s'être refroidi et retournait à son point de départ.

Le phénomène de l'époque glaciaire se réduit ainsi à celui qui produit la précession, c'est-à-dire, à l'effet mécanique des courants sur l'écorce terrestre. Les blocs erratiques qui ont conservé leurs arêtes et ne semblent pas avoir subi de corrosion, étaient emprisonnés dans les icebergs que la débâcle printanière détachait chaque année. Ces blocs étaient transportés

par les courants et tombaient intacts au fond de la mer quand ils se trouvaient libérés. Le fait, d'ailleurs, se répète tous les ans. L'existence d'icebergs rocailleux est aujourd'hui parfaitement constatée.

Le courant chaud produit le même phénomène d'érosion quand il rencontre un obstacle comme un détroit. Les côtes de la Manche sont violemment corrodées par le Gulf-Stream et se présentent des deux côtés sous la forme de falaises à pic. Les sondages ont montré que partout, au fond du détroit, dans la profondeur de 40 à 70 mètres, le sol est débarrassé de tout dépôt et complètement lavé. La force vive du courant ronge même peu à peu les bancs de roche dure qui forment les caps.

On pourrait objecter que la théorie de l'inversion océanique, ainsi présentée, implique une contradiction. Si les courants ont laissé de pareilles traces, pourquoi ne peut-on pas reconnaître le sens et la provenance des dépôts apportés de l'hémisphère austral, à l'époque où celui-ci était continental et le nôtre océanique ? Ces dépôts devraient être semblables à ceux de l'époque glacière. Mais les deux cas ne sont pas identiques. Le courant froid ne peut former des dépôts dont l'origine et la direction sont reconnaissables, qu'en partant du radiateur, lorsqu'il est étroit et rapide. Il s'élargit, se ralentit, à mesure que le contact lui rend la chaleur cédée et que sa température se met en équilibre avec celle de l'océan. Par leur nature même, les courants s'étalent en éventail et se déploient du continent qui sert de radia-

teur jusqu'à la masse océanique qui tient le calorique en réserve. Les matériaux déplacés se disposent de la même manière. D'abord accumulés sur des espaces étroits, ils se répartissent uniformément en couches de plus en plus amincies, à mesure que le courant les délaie sur de plus vastes espaces. Les plus lourds sont abandonnés peu à peu par la force vive, sans cesse décroissante, de la masse en mouvement ; les autres, en suspension dans le fluide, finissent par se mélanger dans les profondeurs des océans. Dans la zone où prend naissance le déplacement océanique, il n'y a même pas de courant, mais deux nappes fluides superposées, l'une tiède, et l'autre refroidie se mouvant en sens inverse. Les conséquences mécaniques de l'érosion sont d'autant plus prononcées qu'on s'éloigne de la zone équatoriale où elles semblent nulles. Les blocs erratiques, les coulées de sable et de cailloux, les moraines résultent donc des courants de retour des radiateurs terrestres. Les éléments les plus lourds se déposent les premiers, le limon en suspension est transporté à de grandes distances et se décante seulement quand les eaux se mettent en repos pour emmagasiner la chaleur solaire à la surface des océans.

L'immersion des plaines boréales à une époque relativement récente, paraît ainsi à peu près certaine, et les géologues sont unanimes à l'admettre. Leurs opinions diffèrent seulement sur la nature du phénomène cosmique qui l'a produite. Enfin, il ne faut pas oublier d'ajouter aux preuves précédentes le soulèvement des

Alpes que l'on regarde généralement comme contemporain de celui des Cordillères et de l'Himalaya, et qui semble l'indice d'un phénomène propre à tout l'hémisphère nord. « S'il y a quelque chose de constaté en géologie, dit Cuvier (1), c'est que la surface du globe a été victime d'une grande et subite révolution dont la date ne peut remonter au delà de 5 ou 6.000 ans, et que cette révolution a enfoncé et fait disparaître les pays qu'habitaient auparavant les hommes et les espèces d'animaux aujourd'hui les plus connus, et qu'elle a au contraire mis à sec le fond de la dernière mer et en a formé les pays aujourd'hui habités, mais ces pays aujourd'hui habités et que la dernière révolution a mis à nu, avaient déjà été habités auparavant, sinon par des hommes, au moins par des animaux terrestres. Ce sont ces alternatives qui me paraissent maintenant le problème géologique le plus important à résoudre ».

Nous adoptons toutes les conclusions de l'illustre savant, excepté celle de la révolution subite. Cuvier, malgré son génie, n'a pu se débarrasser de l'idée des grandes catastrophes qui a hanté de tous temps l'imagination des géologues (2). Mais son opinion sur l'époque relativement récente de la dernière immersion

(1) Cuvier : Discours sur les révolutions de la surface du globe.

(2) Il est probable, cependant, que d'autres phénomènes géologiques s'ajoutent à l'inversion océanique ou s'y sont ajoutés autrefois. J'ai moi-même constaté dans mon pays natal, à Collat, Haute-Loire, des dépôts marins à plus de 900 mètres d'altitude. Il est difficile de croire à une inversion d'une telle ampleur, mais il reste à savoir si ces phénomènes ont eu la violence et la soudaineté qu'ont leur a supposées.

paraît confirmée par des faits ultérieurs. Le forage d'un puits artésien pratiqué à Utrecht, en 1878, à 55 kilomètres du rivage actuel, et poussé jusqu'à une profondeur de 368 mètres, a ramené des indices du séjour des eaux marines dans les Pays-Bas, en un temps qui ne paraît pas très ancien. Jusqu'à 219 mètres au-dessous de la surface, après avoir traversé sur 40 mètres d'épaisseur une couche d'argile qui fut apportée par les fleuves, les instruments sont entrés dans des assises coquillières qui n'ont révélé que les espèces marines actuelles.

Les oscillations lentes de la surface terrestre avaient déjà été présumées sous une autre forme par Darwin, grâce à l'observation d'un phénomène singulier. L'illustre naturaliste avait remarqué que les barrières de coraux et les murs extérieurs des atolls s'élèvent parfois au-dessus des mers très profondes. Il en concluait que ces rochers avaient été entièrement édifiés par des générations successives d'organismes constructeurs. Les espèces coralligènes ne peuvent en effet travailler que dans les couches superficielles de la mer, là où les eaux mouvantes leur apportent les matériaux. L'énorme hauteur de la roche corallienne était pour Darwin un indice de l'affaissement graduel du lit marin. Dans cette théorie, il faut évidemment renverser l'explication, et attribuer la progression de ces édifices sous-marins, non à un enfoncement du sol, mais à une élévation des eaux. L'ascension des massifs de coraux ne semble pas dépasser 1 m. 50 par siècle. Ce fait ne saurait constituer une preuve négative tant

que la variation du niveau n'est pas exactement déterminée. Comme les animaux bâtisseurs commencent leur travail sur le rivage ou à proximité, le canal qui les en sépare actuellement, se serait graduellement élargi et aurait même, après la disparition des terres émergées, transformé le chenal circulaire en lagune. Le lac de l'Atoll indiquerait ainsi l'emplacement de l'île disparue. Chaque archipel artificiel correspondrait à un archipel naturel, actuellement submergé, serait comme un flotteur de l'épave. Quoique difficilement vérifiable, cette hypothèse, rapprochée des preuves précédentes, ne reste pas sans intérêt.

On peut même sortir des données plus ou moins vagues des sciences naturelles et constater l'inversion au point de vue historique. Si l'on considère la distribution géographque des plus anciennes civilisations dont les vestiges sont parvenus jusqu'à nous, on voit qu'elles sont toutes rangées sur les mêmes parallèles. Les peuples primitifs de la Chine méridionale, de l'Inde, de la Chaldée, de l'Egypte, de l'Afrique septentrionale et du Mexique, habitaient tous une même zone étroite, comprise entre le 20° et le 35° degré de latitude boréale, et semblaient des émigrations en marche lente vers le Nord. A cette époque, qui remonte à plus de 5.000 ans, cette zone était en effet la plus fertile. La transvasion nord-sud était en cours, et les plaines basses méridionales venaient d'être submergées, tandis que les plaines septentrionales, récemment libérées, étaient nues et sans végétation. Il a fallu bien des siècles pour que

les végétaux, qui préludent à la vie, préparent le séjour de l'homme.

D'après Hérodote, les Egyptiens affirmaient que leur premier roi Ménès trouva le pays inondé. La mer montait jusqu'à Fayoum et le reste de la vallée, moins le canton de Thèbes, n'était qu'un bourbier malsain. La Méditerranée s'avançait jusqu'au pied du plateau sablonneux qui porte les Pyramides et rejoignait l'Océan indien par un détroit peu profond.

La mer Ténébreuse des Hébreux semble bien une indication de la mer Noire et de la mer Caspienne réunies. La répartition des eaux était donc loin d'être celle d'aujourd'hui.

Les légendes antiques, ainsi que des considérations historiques, portent à présumer que les civilisations orientales de l'Assyrie, de l'Elam, de la Chaldée, étaient descendues du plateau d'Arménie qui formait un continent quand notre hémisphère était océanique. Les Egyptiens venaient de la Nubie et de l'Abyssinie ; les peuples qui se sont donnés comme autochtones, les Pélasges, les Etrusques, les Celtes, les Ligures, les Ibères, étaient les habitants de l'Archipel européen. Ils descendaient dans la plaine, à mesure que leurs îles s'élargissaient.

L'Histoire ancienne confirme également le recul progressif des eaux. Il y a 2.000 ans, elle ne mentionne aucune ville à moins de 20 mètres au-dessus du niveau marin actuel, aucune, à moins de 60, il y a 3.000 ans, et aucune à moins de 100, il y a 4.000 ans. Les ruines des ports de l'antiquité : Alexandrie, Carthage, Sidon, sont d'autant plus élevées au-dessus du

niveau actuel que la fondation de ces ports remonte à des temps plus reculés. Les ports célèbres autrefois d'Adria et d'Aquilée, dans le golfe de Venise, sont maintenant à l'intérieur des terres. Si la plage égyptienne a peu varié depuis 3.000 ans, il faut l'attribuer au grand courant côtier qui va d'Afrique en Asie et porte le calorique jusqu'au cœur de l'ancien continent. Il a rejeté les sables en bordure et s'est creusé un passage à travers les plaines délaissées. L'embouchure de l'Euphrate, au contraire, qui n'est balayée par aucun courant, s'est avancée considérablement dans le golfe Persique depuis le temps où florissaient Ninive et Babylone. La progression a même été beaucoup plus rapide que la baisse annuelle des eaux, à cause des alluvions qui ont édifié de nouveaux rivages. Les cartes des géographes anciens ne sont donc pas si inexactes qu'on pourrait le supposer, et les vastes échancrures qu'elles indiquaient dans les plaines du nord n'ont pas disparu depuis très longtemps. Au temps de Strabon (1er siècle), le niveau des mers dépassait, sans doute, le niveau présent. Ce géographe admettait l'élévation progressive des continents, ce qui semble indiquer que les eaux se retiraient encore.

La hausse lente des mers dans notre hémisphère peut être constatée, quoique le mouvement des marées empêche de la contrôler facilement. Il est difficile de préciser à quelle époque les Hollandais ont commencé leurs digues, mais il est probable qu'elle a dû suivre de peu celle du point mort, c'est-à-dire l'année 1248,

qui a marqué la fin de la transvasion nord-sud et le commencement du phénomène inverse. Le golfe du Zuiderzée ne s'est formé qu'au treizième siècle, et a été le premier phénomène géographique important, relaté par l'histoire de l'Europe occidentale. Les ports du moyen âge ont presque tous disparu ou sont en pleine décadence. Ceux qui se trouvaient établis sur des côtes rocheuses et pouvaient reculer sans céder beaucoup de terrain ont seuls survécu. De nos jours, l'élévation océanique évase les estuaires, remonte les cours d'eau. Les ports sur les fleuves à l'intérieur des terres : Bordeaux, Nantes, Rouen, Londres, Anvers, Rotterdam, Brême, Hambourg ont supplanté, ou tendent à supplanter les ports de la côte que la mer ensable peu à peu.

Le retour des eaux est enfin reconnaissable aux variations du climat. Aux premiers siècles de notre ère, le climat de l'Europe tendait à devenir continental ; depuis le douzième siècle, il évolue en sens inverse, ce qui est un signe du retour à la période océanique. Les *Commentaires* de César nous révèlent que la Gaule, avant le premier siècle, avait un climat pluvieux et des étés moins chauds que les nôtres, puisque ni la vigne, ni le figuier, ne pouvaient y porter leurs fruits à maturité. Les régions septentrionales étaient même complètement dépourvues d'arbres fruitiers. La vigne fit son apparition à l'époque Gallo-Romaine et se propagea de proche en proche du sud au nord. Au VII[e] siècle, les vignobles s'étendirent jusqu'en Bretagne, en Normandie et en Picardie.

A partir du XII^e^ siècle, commence le phénomène inverse. Au XIII^e^ siècle, à l'époque même où l'Océan envahit une partie de la dépression néerlandaise, la vigne disparaît de la Normandie et de la Picardie, et au XVI^e^ de l'Ile-de-France et de l'Orléanais. En même temps qu'elle rétrograde vers le sud, elle marque une tendance à descendre des altitudes où elle était montée. Des documents, qui datent de la fin du Moyen âge, attestent qu'elle était cultivée dans le Vivarais jusqu'à 700 mètres d'altitude. Dans une charte de 1552, il est question du muscat du Mâconnais, or, le raisin muscat ne mûrit plus dans ce pays.

Le changement de climat paraît avoir été beaucoup plus accentué dans les régions septentrionales de l'Europe et a problablement coïncidé avec un élargissement de la zone polaire. Au X^e^ siècle, l'Islande et le Groenland étaient habités par une population assez dense, ils sont aujourd'hui presque déserts.

Telles sont les preuves qui paraissent établir l'inversion océanique. Ce mouvement deviendra un fait scientifique si l'on parvient à constater qu'il se produit en sens inverse dans les deux hémisphères, et à déterminer la loi de cette hausse et de cette baisse concomitantes et parallèles.

Les immersions ne s'opposent pas aux grandes périodes distinguées en géologie et en paléontologie, périodes qui marquent les dernières étapes de l'évolution terrestre ; elles s'y ajoutent. Elles sont relativement à ces divisions générales comme les jours sont aux semaines

ou aux mois. Bien plus, elles les éclairent en révélant en partie le mécanisme de la transformation planétaire. Elles jettent un nouveau jour sur un certain nombre de faits. Les gisements houillers sont probablement les restes des forêts ensevelies par les inversions successives. Les lacs sur lesquels s'établirent les cités lacustres étaient les cuvettes séparées de l'océan par le recul des eaux. Les mers isolées, à niveau descendant, et les lacs salés, comme la mer Morte, semblent avoir la même origine. L'évaporation continuelle y a concentré le sel dissous.

Bien qu'elle recouvre périodiquement les plaines fertiles, l'inversion maritime, considérée dans l'économie générale du globe, est une cause de richesse. Sans elle, les alluvions, les détritus, la terre végétale que les fleuves charrient vers la mer seraient à jamais perdus pour l'homme et ne serviraient qu'à entretenir la vie océanique bien inférieure à la vie terrestre. Les terres lavées et relavées par les pluies ne conserveraient que leurs arêtes rocheuses, deviendraient pauvres et dénudées.

Par les déluges périodiques, au contraire, les réserves où la vie puise son énergie, les comburants et les combustibles, se maintiennent sur les continents. Quand les alluvions ont enrichi les hauts plateaux marins, les eaux les libèrent lentement pour en faire les plaines basses terrestres, jusqu'au jour où la végétation activée par le travail humain y aura épuisé de nouveau la richesse de l'humus. On peut considérer les plaines submersibles comme les plus riches du globe, ce sont les plaines à vie intense.

Les révolutions brusques, les cataclysmes sont ainsi pour la plupart des fables sorties de l'imagination des géologues. Notre planète a évolué lentement au cours des âges, et cette évolution se poursuit selon la même loi. Ce processus de développement est aussi harmonieux, aussi paisible et aussi régulier que celui d'un être vivant.

X

Autres variations des éléments elliptiques

Tandis que la précession des équinoxes est due à une asymétrie mécanique de latitude, la *nutation* se rapporte à une asymétrie de longitude. Mais la différence de rendement est bien moindre en longitude qu'en latitude. Il est en effet difficile de percevoir de grandes différences dans la répartition, en longitude, des continents sur le globe terrestre. Le méridien qui semble donner la plus grande inégalité est celui qui passe à l'extrémité occidentale de l'Afrique, et l'hémisphère le plus pauvre en terres qu'il détermine, possède-t-il encore la totalité de l'Amérique, le Groenland, l'Islande et une partie de l'Asie et de l'Océanie. La différence resterait cependant assez sensible si elle correspondait exactement à la surface des terres, mais le véritable indice de l'intensité thermodynamique est plutôt le volume des eaux drainé par les fleuves, mesure de la condensation. Il ne faut pas oublier, d'autre part, que le Paci-

fique est parsemé d'une multitude d'îlots qui constituent des transformateurs d'une activité intense.

Les deux asymétries impriment à l'axe deux mouvements simultanés ; l'inégalité de latitude le rapproche ou l'éloigne peu à peu de l'étoile polaire, l'inégalité de longitude l'incline plus ou moins sur le plan de l'écliptique. Mais les causes de l'un et de l'autre phénomène résultent d'une différence. Une foule d'influences contraires s'annulent.

De même, la variation séculaire de *l'inclinaison de l'écliptique* est l'effet de la différence constante qui persiste après qu'un certain nombre de nutations se sont neutralisées, différence qui, étant donnée la nature du corps céleste, reparaît après une période déterminée.

La diminution séculaire de *l'excentricité de l'orbite* tient à une variation du rendement mécanique planétaire, variation qui en provoque une équivalente dans la quantité de chaleur accumulée par le mobile. Si le rendement mécanique se répétait tous les ans, selon la même loi, la forme de la trajectoire resterait identique. Mais il faudrait pour cela que le rapport de la surface des continents à celle des mers reste constant, ce qui serait bien étonnant, étant données les autres variations. La courbe décrite par le mobile est donc la représentation graphique du rendement mécanique, elle se trouve liée au rapport de la surface continentale à la surface océanique. Un élargissement de la mer amène une diminution de profondeur, et par suite de calorique latent, un rétrécissement produit l'effet inverse.

Mais une variation de la forme de la trajectoire n'entraîne pas un changement de la distance moyenne et du grand axe. Ce dernier ne dépend pas du rendement mécanique, mais de la quantité de chaleur que le transformateur reçoit sur l'unité de masse. En effet, le moment qui le détermine en fermant la courbe de révolution, est celui-là même qui marque l'équivalence des effets mécaniques de la chaleur et de l'attraction. Les dimensions du grand axe restent donc indépendantes de la manière dont les effets se répartissent pendant la période d'équivalence, puisque la somme de ces effets, et par conséquent, l'effet moyen, se retrouve invariablement aux instants qui terminent les périodes successives.

Toute variation de la distance moyenne nécessite donc une variation correspondante de la quantité de chaleur reçue sur l'unité de masse et, par suite, un changement ou de la température du foyer, ou de la forme et des dimensions du transformateur. La distance moyenne ou le demi-grand axe reste le plus fixe des éléments elliptiques. Les autres se modifient selon la répartition et les déplacements de la matière à la surface des mobiles. Le grand axe, au contraire, tient à la nature même du système thermodynamique. Il est en connexion intime avec la loi d'évolution de l'univers, loi qui échappe à nos observations, parce qu'elle embrasse l'infini du temps et de l'espace.

Bien que les variations des éléments elliptiques se poursuivent dans le même sens pendant un grand nombre d'années, elles n'en sont pas moins périodiques.

Chacun de ces éléments, après avoir constamment augmenté ou diminué pendant un certain temps, varie ensuite en sens contraire, de manière à se rapprocher de sa valeur primitive. Ces excentricités et ces inclinaisons qui sont actuellement très faibles, le resteront toujours et ne feront jamais qu'osciller entre des limites restreintes. Les compensations périodiques sont à peu près démontrées par l'observation et deviennent fort compréhensibles dans cette théorie. Nous n'avons cessé, en effet, de faire remarquer que les déplacements qui les provoquent ressemblent aux oscillations du pendule.

XI

Ces variations révèlent une force distincte de la pesanteur et agissant selon les surfaces

Les changements des éléments elliptiques ont été attribués pour la plupart à l'influence de l'attraction sur le renflement équatorial. La précession des équinoxes serait due à l'action du soleil, et la nutation à celle de la lune sur ce même renflement. C'est l'une des innombrables illusions engendrées par la théorie cinétique de la gravitation. Aucune observation ne laisse supposer que la pesanteur seule puisse communiquer à un mobile un autre mouvement que la translation. Laplace avoue lui-

même que la pesanteur n'est capable que du simple déplacement rectiligne, mais il n'en suit pas moins les traces de d'Alembert et tombe dans une erreur qu'il semblait d'abord éviter. Cette erreur a même passé dans l'enseignement; il n'est pas un manuel de mécanique ou de cosmographie où elle ne soit reproduite.

Quelle que soit sa forme, un corps a toujours à un instant donné un centre de gravité unique. Imaginez l'objet aux contours les plus bizarres et les plus irréguliers, toutes les influences de la pesanteur se résolvent en lui en une seule résultante qui s'applique en un point unique. Ce point est le centre de gravité et de force vive. C'est l'un des faits les mieux établis de la mécanique et de la physique. Ce centre se déplace quand varie la forme ou l'homogénéité du mobile, mais il est unique à un instant donné, et cela suffit à notre démonstration.

Les attractions diverses, quel que soit leur nombre, leur intensité et leur direction, s'appliquent en ce point. Elles n'ont qu'une seule résultante qui imprime au mobile un seul mouvement, la translation. C'est encore démontré, le nier serait nier avec la mécanique rationnelle les faits eux-mêmes.

Si, sous l'influence d'une cause étrangère, le centre de gravité se déplace à l'intérieur du mobile, la translation continue selon des positions parallèles dans un milieu sans résistance. Cela peut paraître un postulat de mécanique rationnelle, car nous ne pouvons jamais expérimenter dans un tel milieu, mais l'expérience démontre que la rotation du mobile en transla-

tion est en raison directe de la résistance du milieu. Elle devient à peu près nulle dans le vide d'air où parviennent nos moyens limités. On a objecté qu'un chat lancé en l'air, retombe toujours sur les pattes ce qui semble prouver que la bête parvient à tourner sur elle-même en modifiant son centre de gravité. Mais il est démontré maintenant qu'elle arrive à ce résultat en provoquant la résistance de l'air, en déterminant ainsi un centre de résistance distinct du centre de gravité. Les projectiles qui chavirent sont précisément ceux dont le centre de résistance ne se confond pas avec le centre de gravité. L'art de la balistique s'ingénie à faire coïncider ces deux points.

Tout mouvement, autre que la translation, rotation, oscillation, nécessite donc au moins deux forces qui s'appliquent à deux points distincts dans la masse et déterminent un couple. Le mobile se comporte alors comme un levier, et les forces, comme les puissances et les résistances. Voilà ce que nos théoriciens ont trop oublié en supposant que le renflement équatorial puisse empêcher la pesanteur de trouver sa résultante unique. Le renflement serait mille fois plus accentué, la terre aurait la forme d'un disque, que toutes les attractions célestes n'en resteraient pas moins impuissantes à la faire tourner sur elle-même, ou à changer la direction de son axe, dans le cas d'une rotation préexistante.

Cependant, nos savants ne se tiennent pas pour battus. Ils supposent que tous les mouvements planétaires résultent d'une impulsion

primordiale dont la force vive se conserve indéfiniment, de telle sorte que les innombrables mouvements dont chaque mobile est le jouet nécessitent autant d'impulsions primitives distinctes. Ils ne parviennent pas à comprendre que cette conservation n'est possible que dans le vide, délivré non seulement de toute substance résistante, mais aussi de toute influence dynamique. L'impulsion originelle engendrerait d'ailleurs un mouvement uniforme ou uniformément retardé. Or, les variations précitées sont tour à tour uniformément accélérées ou retardées, elles prennent même parfois des valeurs telles qu'il est impossible de déterminer la loi de leur évolution, à l'aide de la seule force vive du mobile.

Certains auteurs ont attribué la précession et la nutation à un changement d'axe de la terre dû à des chocs célestes (comètes, astéroïdes). Mais un changement d'axe nécessite une déformation du mobile, puisque la rotation d'un ellipsoïde ne peut s'opérer qu'autour d'un de ses axes principaux. Pour révéler un changement d'axe, l'aplatissement polaire et le renflement équatorial devraient donc faire peu à peu le tour de l'ellipsoïde terrestre, tout en conservant leur valeur angulaire. Rien ne laisse soupçonner un pareil fait.

On aboutit de toute façon à considérer les corps célestes comme des mobiles soumis à une influence distincte de la pesanteur. Si d'autre part, nous analysons les forces naturelles, nous remarquons qu'elles se réduisent à deux types: celles qui agissent selon la masse, pesanteur,

force vive, et celles qui sont relatives aux surfaces (pressions, résistances). Nous ne savons, il est vrai, si l'électricité et le magnétisme sont des forces de surface ou des forces de masse, mais l'expérience nous porte plutôt à les regarder comme des états passagers de la matière qui empruntent leur énergie à une force permanente. L'attraction et la chaleur se révèlent au contraire comme des états permanents.

Les phénomènes célestes indiquent ainsi deux énergies universelles, dont l'une agit selon la masse, et l'autre, selon la surface externe et notre expérience nous apprend d'autre part que les *forces motrices constantes de masse se réduisent en définitive à la pesanteur, et les forces motrices de surface à la chaleur.* De quelle manière que nous raisonnions, nous aboutissons à ces deux énergies compensatrices.

XII

Planètes à transformation rapide et à rotation directe

Planètes à transformation lente et à rotation rétrograde

Aspiration thermodynamique, transport de calorique

Essayons de déterminer, d'après ce qui se passe sur la terre, les mouvements d'une planète continentale et ceux d'une planète océanique.

Pour comprendre la distribution des courants marins, il faut les considérer comme des transports d'eau tiède vers des radiateurs. Or, dans un calorifère, le transport le plus intense s'opère toujours vers le radiateur qui dépense le plus de chaleur et se trouve le plus près de la chaudière. Si ce radiateur suffit à absorber tout le calorique, sans que la température s'élève, le courant vers les autres radiateurs est presque nul ; toute la chaleur se vide par la moindre résistance. On peut donc se représenter le mouvement du calorique sur la terre. Le transport équatorial se dirige automatiquement par le plus court chemin, vers l'enceinte la plus froide, c'est-à-dire du jour au matin, d'Orient en Occident, de l'Est à l'Ouest. Du soir au matin, en effet, la température diminue graduellement, absorbée par un travail continu, elle atteint un minimum au lever du soleil. Donc, un quart de cercle environ, sépare la région qui reçoit le plus de chaleur (midi), de l'enceinte la plus froide (matin) et le transport s'établit de midi au matin, en sens inverse de la rotation, car le transport opposé nécessiterait un trajet trois fois plus long (1). En effet, le grand courant équatorial charrie, vers le matin, le calorique des océans, tandis que les vents alizés le drainent à la surface des continents surchauffés pour le porter dans le même sens. Ce mouvement est si intense que Colomb l'avait déjà remarqué. « Il semble hors de doute, dit-

(1) Considérer les courants comme se mouvant vers le matin, c'est rapporter le mouvement à un observateur qui serait placé au foyer, c'est-à-dire au soleil.

il, que les vents et les eaux des océans se meuvent avec les cieux. » Le sens de l'équatorial diffère de celui des courants latéraux dont il constitue le tronc, car les radiateurs qui les appellent ne sont pas les mêmes. L'équatorial est aspiré par le matin, tandis que les courants latéraux sont aspirés par les continents. Les courants secondaires se divisent en ramures, et chaque ramure, en franges qui pénètrent dans les golfes et les détroits. Les terres pompent sans cesse l'énergie de ce réseau thermique.

On a attribué les vents alizés à l'échauffement qui se produit de l'Orient à l'Occident par la rotation de la terre. C'est non seulement une inférence gratuite, mais contraire aux faits. Quand un mobile se déplace sur un autre, il participe au mouvement de ce dernier, il conserve intégralement sa direction relativement à son point de départ, si ce point est situé sur le mobile déjà en mouvement. Quand un bateau tourne pour changer de direction, une bille qui roule sur le pont, tend vers le même point du vaisseau, que celui-ci s'arrête ou reprenne son mouvement, et cependant, à mesure qu'elle s'éloigne ou se rapproche du centre, elle participe à une vitesse angulaire différente. Il en est de même pour la fumée, si elle est soustraite aux influences extérieures. D'ailleurs, les données les plus élémentaires de l'expérience nous permettent de présumer qu'en raison de l'énorme vitesse de rotation, le frottement de l'atmosphère sur l'écorce terrestre rendrait cette dernière inhabitable.

Quant à la cause des courants, on l'a attribuée le plus souvent à la rupture d'équilibre qui s'opère entre des couches de densité et de température différentes. Mais des observations précises, faites sur le courant même qui servait de base à la théorie, le Gulf-Stream, ont montré que la masse d'eau qui pouvait sortir du détroit de Bahama était bien inférieure à celle du courant parvenu en plein océan. La température moyenne du golfe du Mexique est loin d'être aussi élevée qu'on le croyait. D'autre part, il n'est guère possible d'expliquer par des différences de niveau les variations des courants en direction et en profondeur.

La masse liquide équatoriale, qui se déplace de l'est à l'ouest, n'a pas moins de 5.000 kilomètres de largeur, et se meut avec une vitesse variant, avec les saisons et les parages, de 30 à 60 kilomètres par jour, sur une épaisseur qui peut atteindre 1.800 mètres dans l'axe du courant. Le débit par seconde de cette mer mouvante est d'au moins deux kilomètres cubes. Etant donnée la capacité calorifique de l'eau, on peut juger de l'énorme quantité d'énergie thermique que le courant transporte.

Les observations barométriques confirment et précisent le fait. Dans les régions tropicales, qui constituent la zone de travail intense, le baromètre atteint un minimum vers quatre heures du soir et un autre vers quatre heures du matin. Or, la baisse du baromètre correspond à la dilatation de l'atmosphère, et par suite, à une plus grande dépense de chaleur. La baisse du matin ne saurait s'expliquer sans un

mouvement continu des fluides surchauffés de l'est à l'ouest. Sans ce déplacement en sens inverse de la rotation, le rayonnement nocturne diminuerait progressivement jusqu'au lever du soleil. Il ne pourrait atteindre un maximum vers quatre heures du matin pour baisser de nouveau.

Le sens du transport fluide, ainsi déterminé, nous permettra de comprendre comment une planète, qui serait complètement océanique, pourrait tourner dans le sens rétrograde, parce qu'elle équivaudrait à un moteur à transformation lente. Il est vrai que l'observation astronomique nous présente uniquement des planètes à transformation rapide et à rotation directe, mais il n'en est pas moins probable que le mouvement inverse est possible.

Le thermomètre indique que le rayonnement est environ six fois plus intense sur les continents que sur les mers. Or, les continents représentent les 14/51 de la surface totale. Sur notre planète, la dépense de chaleur de midi à minuit peut donc être représentée par :

$$14 \times 6 + 37 \times 1 = 121.$$

Les terres, ayant rayonné, la presque totalité de leur calorique, n'en convertissent le matin qu'une faible quantité ; admettons que le chiffre qui représente la perte de chaleur est tombé de 6 à 3. Le rayonnement des eaux croît à mesure que diminue celui des continents, car elles ont conservé la chaleur et la cèdent d'autant plus vite que l'atmosphère est plus refroidie par le travail nocturne. On peut appliquer ici la loi approximative de Newton. La quan-

tité de chaleur qu'un corps perd ou gagne par seconde est proportionnelle à la différence entre sa température et celle de l'enceinte, ou plutôt le principe de Carnot, puisque en réalité cette chaleur travaille. Le rayonnement des mers est donc, du soir au matin, uniformément accéléré, celui des continents uniformément retardé. En admettant qu'elle obéit à la même loi, la dépense de calorique croît de 1 à 2 sur les océans, si elle tombe de 6 à 3 sur les continents.

Le rayonnement de minuit à midi peut ainsi être représenté par : $14 \times 3 + 37 \times 2 = 116$.

La plus grande perte de chaleur et, par suite, la pression la plus intense, se répartit donc de midi à minuit. La différence $121 - 116 = 5$ représente la résultante de gravitation. D'après les indications barométriques, cette résultante est intermédiaire entre le minimum du soir et du matin, elle s'applique approximativement vers 8 heures du soir, et détermine une gravitation directe, c'est-à-dire dirigée du soir au matin.

S'il n'y a aucun transport de calorique en sens inverse de la rotation, la transformation du matin ne pourra jamais dépasser celle du soir, quelle que soit la répartition des continents et des mers. Le rayonnement des eaux augmente, en effet, à mesure que celui des terres diminue. Sur une planète entièrement océanique, il est clair que la perte de chaleur serait plus intense le soir et en décroissance uniforme jusqu'au matin. L'exemple qui vient d'être cité n'est donc valable que pour notre sphère terrestre.

Si le rapport des terres et des eaux variait, l'accélération du rayonnement ne resterait pas identique. On peut admettre que la différence de rayonnement du soir et du matin augmente avec la surface des continents, et diminue avec elle sans jamais disparaître, quand le déplacement du calorique se fait uniquement par la rotation de la planète.

Si la résultante reste vers le soir pour notre globe, c'est parce que les courants trop faibles ou gênés par les barrages des continents sont impuissants à la déplacer. La gravitation est donc directe, quand les courants ne peuvent porter vers le matin l'excès de chaleur dépensé par le soir. Les transformateurs rapides se déplacent dans le sens de la rotation.

Comparons maintenant à la nôtre, une planète océanique recevant la même quantité de chaleur, mais dont les continents ne constituent qu'une infime partie de la surface totale. Comme les eaux emmagasinent le calorique, les différences de rayonnement du soir et du matin y sont très faibles, les courants latéraux presque nuls, puisqu'ils ne trouvent pas de radiateurs. Au contraire, le courant équatorial court librement et charrie vers le matin un volume considérable de liquide. L'équateur, comme un immense anneau, tourne en sens inverse de la planète et porte vers l'Occident plus de chaleur que l'Orient n'en dépense. Quelle que soit sa lenteur, ce courant, une fois amorcé, traîne dans ses profondeurs une énorme quantité de calorique, qui montera lentement à la surface pour s'y transformer en

travail. La résultante générale, qui se rapproche d'autant plus de minuit que la différence de pression entre le matin et le soir, est plus faible, est déplacée vers le matin. Une planète

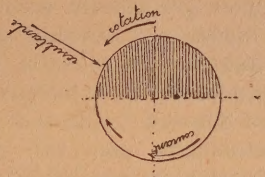


Fig. 11

océanique ou transformateur lent, peut graviter en sens inverse de la rotation (fig. 11).

Les îles d'une telle planète doivent être éminemment favorables à la vie, ce sont des étuves où les océans envoient sans cesse la chaleur qu'ils ne peuvent dépenser. La température doit s'y maintenir à peu près uniforme et la nuit aussi chaude que le jour. Mais il ne faudrait pas en conclure qu'une telle planète convertit moins de calorique qu'une planète continentale pendant le même temps. Tous les transformateurs doivent dépenser l'énergie qu'ils reçoivent, et ils le font selon la résistance mécanique dont nous avons déjà parlé. Seulement, une planète océanique conserve plus longtemps la chaleur avant de la transformer, elle a une plus grande capacité thermique. C'est en ce sens uniquement qu'on peut l'appeler un transformateur lent.

En réalité, les choses ne sont pas aussi sim-

ples qu'elles viennent d'être présentées, les transports, en fonction de causes multiples sont fort difficiles à déterminer. Il faut considérer les nombres donnés pour la terre, non comme des mesures ou même des rapports, mais comme des exemples qui peuvent faciliter la compréhension. Nous ne pouvons encore nous représenter que fort vaguement les déplacements et le rendement du calorique à la surface du globe. Les données comparées du baromètre, du thermomètre pourront peut-être un jour nous apporter des précisions.

XIII

Phase physique de la transformation thermodynamique

Conversion de la chaleur par une force élastique

La conversion de la chaleur en travail par la force élastique de l'atmosphère présente des phénomènes sensibles qui en sont à la fois l'indice et la mesure. L'atmosphère est probablement l'intermédiaire principal, sinon l'unique, entre la chaleur solaire et son équivalent sur les corps célestes qui sont entourés de gaz élastiques. L'atmosphère est sous tension comme l'éther. Ses gaz possèdent une certaine masse et sont plus ou moins soumis à la pesanteur, mais il ne faut pas confondre la masse et le poids avec la tension qui se communique

également dans tous les sens. Nous considérerons donc l'atmosphère comme une force élastique sous pression comme les vapeurs des machines thermiques. Nous ne pourrons évidemment donner sur la transformation atmosphérique que les généralités qui semblent faciliter l'intelligence du phénomène ; dans l'état embryonnaire de l'hypothèse, la mesure mathématique est encore impossible. Cette dernière apparaîtra lorsque la thermodynamique céleste aura trouvé une base expérimentale solide. Dans un avenir qui n'est peut-être par très éloigné, on mesurera la puissance motrice des planètes comme celle des locomotives.

Les phénomènes atmosphériques résultent des changements de l'atmosphère, tour à tour dilatée par la chaleur solaire et comprimée par l'élasticité de l'éther, à la tension duquel elle participe. Pour comprendre le jeu des pressions atmosphériques, nous allons examiner brièvement comment se conduisent les forces élastiques que la chaleur soumet à un travail.

On divise habituellement les gaz en deux classes : les gaz permanents ou gaz proprement dits et les gaz non permanents ou vapeurs. Les premiers sont ceux qu'on ne peut liquéfier, les seconds, ceux qui passent plus ou moins facilement à l'état liquide par la pression ou le refroidissement. Mais cette distinction n'est pas rigoureuse, car un grand nombre de gaz qu'on regardait comme permanents ont été liquéfiés, et ils peuvent tous l'être. Pour donner une explication satisfaisante des changements que font subir tour à tour, à l'état gazeux, la

chaleur et le travail mécanique, il vaut mieux se baser sur la théorie des vapeurs.

Tant que les vapeurs restent en contact avec leur liquide générateur, la moindre augmentation de chaleur vaporise une nouvelle quantité de liquide et, inversement, le moindre travail donne lieu à une condensation partielle. Pendant la vaporisation, comme pendant la condensation, la pression reste constante; le travail ne produit que le changement d'état. Les vapeurs séparées de leur liquide peuvent, au contraire, dans certaines circonstances, absorber une certaine quantité de chaleur pour la transformer en travail ; elles peuvent aussi se refroidir, subir une contrainte sans être condensées. On appelle les premières vapeurs saturées, et les autres, vapeurs non saturées ou surchauffées. Une vapeur surchauffée est toujours séparée de son liquide.

Une vapeur trouve sa tension maxima pour une même température, quand elle est saturée ; il n'y a pas de vapeur du même liquide possédant à la même température une tension supérieure. Une vapeur surchauffée, au contraire, a toujours, à température égale, une tension inférieure à celle de la vapeur saturée, et aussi une température plus élevée sous la même pression. Une vapeur surchauffée se rapproche d'autant plus d'un gaz permanent, qu'elle s'éloigne davantage de son point de saturation.

On peut donc admettre que les gaz permanents sont des vapeurs très éloignées de leur point de saturation ; ils doivent être extrêmement comprimés et refroidis pour passer à l'état liquide. Les vapeurs saturées sont, au contraire,

des gaz parvenus à leur point de condensation, c'est-à-dire à un état où elles se liquéfient par la moindre pression et le plus petit refroidissement.

XIV

Travail de la vapeur d'eau

Nous pouvons considérer l'atmosphère comme le mélange d'une vapeur et d'une série de gaz permanents. Par l'intermédiaire de cette force élastique, la chaleur trouve son équivalent mécanique dans la résistance de l'éther. Le phénomène échappe à nos sens et nous ne saurions évidemment en déterminer la nature, mais nous pouvons nous le représenter comme un va-et-vient d'expansion et de compression, le mouvement d'un piston muni d'un ressort qui repousse ou est repoussé tour à tour, selon les variations de l'énergie motrice. La grande quantité de chaleur transformée par la vapeur est d'ailleurs un fait expérimental. On a trouvé, à Paris, par un temps moyennement humide, que la vapeur absorbait à elle seule les 5/6 de la chaleur retenue par l'atmosphère.

Comme la vapeur d'eau de l'atmosphère est tantôt saturée, tantôt surchauffée, la presque totalité de la transformation dynamique sera son œuvre ; les gaz ne fourniront un travail que jusqu'au moment où la vapeur deviendra saturée. Tout le travail, et, par suite, toute la dépense de

chaleur, s'opère par cette dernière, à partir du point de saturation. La terre est donc un transformateur à vapeur dont le soleil est le foyer. Les nuages, les brouillards, ne sont pas autre chose que la vapeur à laquelle le travail a fait subir un commencement de condensation ; c'est la vapeur qui sort du transformateur. L'air plus dense et plus mobile, puisqu'il n'est pas condensé par le travail, sert de véhicule au calorique.

En principe, une machine thermique est alimentée par une vapeur ou un gaz qui se dilate sous l'action de la chaleur et pousse en avant un piston. Quand ce dernier, dont le trajet est forcément limité, est parvenu au bout de sa course, on laisse échapper ou refroidir le gaz ou la vapeur. Cela permet au jeu de la machine de reporter le piston en arrière pour lui faire subir une nouvelle poussée motrice, par suite d'une introduction ou d'un échauffement de force élastique.

Mais nos machines thermiques ne nous donnent qu'une idée fort imparfaite de la manière dont se transforme le calorique dans la gravitation. Pour en avoir une image plus nette, il faut se représenter le piston de la machine muni d'un ressort. Ce ressort est comprimé par la pression thermique, et, au bout du trajet, sa poussée équilibre celle du gaz. Mais par la nature même de son élasticité, le ressort soutient la pression sans perte d'énergie, tandis que le gaz dépense de la chaleur pour contenir son adversaire. Le gaz en activité est refroidi par la seule pression du ressort. La chaleur dépensée par la compression du début s'est emmagasinée sous

forme d'énergie potentielle dans l'élasticité du ressort. En repassant en acte, cette énergie potentielle absorbe une nouvelle quantité de chaleur. En définitive, toute la force motrice, dans les deux phases du phénomène, est empruntée à la chaleur du foyer ; le ressort et le gaz se retrouvent dans le même état qu'avant l'arrivée du calorique.

Nous pouvons maintenant nous représenter comment la transformation donne lieu aux phénomènes atmosphériques. Supposons qu'un mélange d'air et de vapeur d'eau, encore en contact avec un excès de son liquide, surmonte un espace donné. Sous l'action de la chaleur solaire, l'eau s'évapore et sa force élastique entretient le travail. Tant qu'il reste de l'eau en excès, l'air n'effectue presque aucun travail, et sa température varie peu, car il participe au froid produit par l'évaporation. La conversion s'opère donc par le passage d'une certaine quantité de liquide à l'état de vapeur. Comme la force élastique du mélange croît à mesure qu'augmente la masse de vapeurs, elle repousse l'élasticité de l'éther de même qu'elle repousse le piston dans les cylindres des machines thermiques. Dès que les deux élasticités s'équilibrent, si la chaleur reçue reste constante, l'évaporation s'arrête, le soleil ne faisant que restaurer l'énergie qu'absorbe le travail. C'est le point mort. Mais si la chaleur diminue, le phénomène inverse commence. La vapeur saturée, étant au maximum de tension, et sa force élastique n'étant plus entretenue par la même quantité de calorique, la pression éthérée fait passer une certaine quantité de

vapeur à l'état liquide en la comprimant de nouveau.

Mais ce cas très simple n'est pas le plus fréquent, car la vapeur ne se trouve pas toujours en contact avec un excès de liquide. D'autre part, le calorique n'est pas uniquement réparti par le rayonnement solaire, mais aussi par les vents et les courants. Supposons que la chaleur continue à augmenter quand la dernière quantité de liquide s'est vaporisée. La vapeur saturée devient surchauffée. La pression que nécessite le travail demeure identique, mais la vapeur surchauffée, ayant à la même température une tension moindre que la vapeur saturée, doit être portée à un plus haut degré pour fournir la même pression. D'autre part, l'air commence à participer au travail et à se dilater simultanément. Il y a donc augmentation de volume et de température, et diminution de densité et de poids pour la même colonne atmosphérique. C'est la dépression marquée par le baromètre. Cette dépression, ayant rompu l'équilibre de densité, aspire l'air et les vapeurs des lieux où le travail s'accomplit encore à vapeur saturée. Dès l'arrivée du courant, la vapeur surchauffée se met en équilibre de température avec les nouvelles vapeurs et commence à se condenser. Par suite de la perte de chaleur qui résulte de cet échange, l'atmosphère n'est plus à la température nécessaire pour fournir la pression que nécessite le travail. Les vapeurs amenées à leur point de saturation commencent à se liquéfier, jusqu'au moment où le retour de la chaleur arrête la condensation. Mais le phénomène peut

être poussé au-delà de cette limite. Si, par suite de l'échange, la perte de chaleur est considérable, le travail dynamique qui continue à l'absorber peut condenser la vapeur au-delà de son point de liquéfaction et congeler le liquide. Par suite, la conversion se fait à une température plus basse. La pluie et la neige ne sont que deux phases successives du même phénomène.

Dans la transformation que nous venons d'analyser, un seul élément est resté constant : la pression ; le reste, quantité de chaleur, température, volume et densité des vapeurs, a varié. Nous aboutissons ainsi *à un travail continu qui s'effectue à pression constante à des températures variables.*

L'air n'effectue qu'un travail limité et son refroidissement est plus lent que ceui de la vapeur. D'autre part, pendant l'absence de la source de chaleur le refroidissement est en relation étroite avec la quantité de vapeur de l'atmosphère. Plus cette dernière possède de force élastique à une température donnée, plus la pression met de temps à l'amener à son point de condensation et, par conséquent, à abaisser la température. On peut admettre avec approximation, en négligeant le travail de l'air, que le refroidissement est en raison inverse de la quantité de vapeur que l'atmosphère contient. Les rivières ne gêlent pas, le ciel étant couvert, même lorsque le thermomètre descend de plusieurs degrés au-dessous de zéro, tandis qu'elles gêlent, au contraire, à une température moins basse, quand le ciel est serein. Le refroidissement est rapide quand une faible quantité de vapeur doit

subir la pression et opérer le travail (1). Sur les continents où la transformation est intense, de grands froids peuvent, à bref délai, alterner avec de grandes chaleurs. On rapporte qu'au Bengale, pendant les nuits sereines, on utilise le refroidissement nocturne pour produire de la glace. On expose sur le sol de grands vases plats, pleins d'eau, et isolés sur de la paille ou des feuilles sèches. Ces vases peuvent se refroidir assez pour que l'eau se congèle, même quand l'air reste à 10 degrés au-dessus de zéro.

La conversion dynamique a donc deux effets opposés : la gravitation, par la mise en jeu de l'éther et les changements d'état, les phénomènes atmosphériques qui résultent des dilatations et compressions successives que nécessite le travail. De même, dans les machines thermiques, la vapeur, intermédiaire entre la chaleur et l'énergie mécanique, subit un commencement de condensation et sort à l'état de brouillard.

(1) Ces phénomènes atmosphèriques sont d'ailleurs conformes à ceux qui se produisent dans une machine thermique. Le travail effectué est proportionnel au produit de la chute de température par la masse de fluide mis en jeu, ou plutôt par la quantité de force élastique, dans le cas de plusieurs fluides. Inversement la chute de température est proportionnelle au quotient du travail par la quantité de force élastique en acte.

XV

Variations

de la transformation dynamique à la surface du globe. Elle croît du pôle à l'équateur. Travail mécanique et distribution thermique.

Puisque toute quantité de chaleur a son équivalent mécanique, recherchons dans quelle mesure la chaleur solaire trouve cet équivalent à la surface de la planète.

La pression thermique et l'attraction engendrent deux mouvements simultanés, la rotation et la translation. Si l'on peut déterminer, du moins approximativement, le travail effectué par les énergies motrices, il est impossible de distinguer la force de rotation de celle de translation, pas plus qu'on ne peut séparer dans une locomotive l'énergie dépensée par le frottement des roues de celle qui opère le transport des masses. Nous savons uniquement que les forces précitées forment un couple et agissent sur le sphéroïde comme sur un excentrique.

On sait qu'une force, qui tend à faire tourner un levier autour de son point d'appui, provoque un déplacement d'autant plus grand qu'elle agit sur un plus grand bras du levier, mais on sait aussi que l'intensité des forces, puissance et résistance, sont en raison inverse des bras du levier auxquels elles sont appliquées. Le produit des énergies motrices par les déplacements respectifs sont égaux: $F(AB) = F'(A'B')$. Le travail

effectué par la même force, pendant le même temps, reste équivalent dans tous les cas, mais les déplacements sont en raison directe de la distance au point d'appui. Quand le point de résistance se confond avec le point d'appui, comme dans les leviers soudés à un axe, la force motrice (puissance), engendre la rotation sur cet axe.

Pour simplifier la question, considérons le rayon terrestre comme un levier rigide soudé à un axe. A quelle distance qu'elle s'applique, la pression thermique engendre le même angle de rotation pendant le même temps, mais les déplacements AB, CD sont en raison directe de la distance à l'axe. Il semble donc au premier abord que, si l'on considère uniquement le travail produit, le point d'application de la force motrice est indifférent.

Il le serait en effet pour une force qui ne pourrait se transporter et devrait se dépenser sur place, mais tel n'est pas le cas. La pression thermique est extrêmement mobile, elle se distribue selon la moindre résistance au déplacement, elle se porte au point d'application auquel elle pourra faire décrire le plus long trajet pendant le même temps. Appliquée aux extrémités de leviers inégaux, elle se répartit en raison directe de la longueur de ces leviers. Or, les différents points du globe ne sont pas à égale distance de l'axe; les leviers imaginaires et, avec eux, les déplacements de rotation croissent du pôle à l'équateur. Ce mouvement qui est nul, ou presque nul au pôle, atteint à l'équateur $\frac{40.000}{24}$ = 1.660 kilomètres à l'heure. Il ne faut

pas le confondre avec celui de translation, bien que l'un et l'autre restent intimement liés.

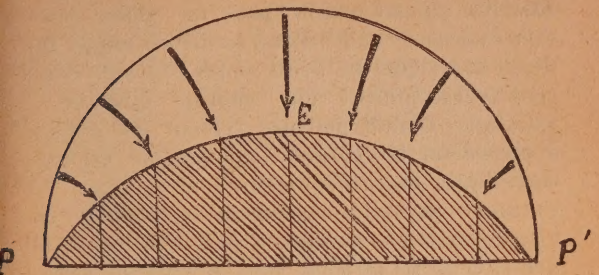


Fig. 12

Une comparaison nous montrera comment la chaleur se distribue en raison inverse de la résistance au travail mécanique. Soit une pression représentée par 10, agissant tour à tour sur deux pistons, l'un de résistance moyenne 8 et l'autre de résistance 2. Le déplacement du second, 10/2, sera quadruple de celui du premier 10/8. Or, la force élastique, comme d'ailleurs toute puissance motrice, se dirige automatiquement vers la moindre résistance au déplacement. Comme l'eau qui s'écoule, elle prend la pente la plus rapide. Les différents points du globe sont de résistance inégale, cette dernière étant en raison inverse de la distance à l'axe. Le travail thermodynamique de gravitation croît donc du pôle à l'équateur. Nous verrons d'ailleurs que l'observation confirme pleinement ce fait.

On a toujours attribué les basses températu-

res des pôles au peu de chaleur reçue. Cette explication serait légitime pour une planète rigide où la chaleur n'aurait pas de véhicule. Elle n'a aucune valeur pour un globe recouvert comme le nôtre d'une immense nappe fluide, et sur lequel les vents et les courants déplacent incessamment une énorme quantité de calorique. Il faut détruire l'erreur qui consiste à considérer les courants comme des échanges thermiques entre l'équateur et les pôles. Les courants portent uniquement la chaleur aux transformateurs rapides, c'est-à-dire aux continents. S'ils se dirigent vers le nord et vers le sud, c'est pour atteindre les terres qui dépenseront la chaleur qu'ils apportent.

Fig. 13

Pour gagner les mers intérieures, au cœur des continents, ils se précipitent dans les détroits les plus resserrés et y cherchent en profondeur l'espace qu'ils ne peuvent trouver en largeur. Loin des terres, au contraire, là où

aucun transformateur ne les aspire, comme au milieu de l'Atlantique et du Pacifique, les transports vers le Nord et vers le Sud sont presque nuls. Si les pôles pouvaient convertir la chaleur au même degré que l'équateur, ils ne tarderaient pas à se mettre en équilibre thermique avec lui, et à recevoir autant de calorique qu'ils pourraient en dépenser (1).

Dans la théorie thermodynamique, au contraire, la répartition de la chaleur s'explique clai-

(1) Il n'est évidemment question ici que de l'économie générale du globe. Un foyer de chaleur comme un être vivant des zones tempérées perd dans les régions polaires une grande quantité de calorique. Si les fonctions de (la machine ronde) changent de l'équateur aux pôles, celles de la machine vivante, qui se rend tour à tour en ces zones extrêmes, ne changent pas, il y a un transport de chaleur plus ou moins intense de cette dernière au milieu ambiant. Cet écart de température indique seulement que dans ces régions le moteur planétaire fonctionne à une température plus basse que le moteur vivant.

Le principe de Carnot : « Le rendement maximum d'une machine thermique ne dépend que des températures entre lesquelles fonctionne la machine », montre assez, à lui seul, que l'intensité de la transformation décroît avec la température à laquelle elle s'opère, pourvu qu'on admette que le froid de l'éther intercosmique reste relativement uniforme. Lesfaits mettent aussi en évidence cette faible activité des zones glaciales. Au passage de la chaleur en énergie mécanique correspond toujours un changement, un phénomène atmosphérique : rosée, pluie, neige, et par suite, vents et courants, puisque le lieu du phénomène constitue une région d'appel. Or l'intensité des changements atmosphériques diminue de l'équateur aux pôles. Les courants refroidis effleurent à peine les limites des glaces, les cyclones et les ouragans y sont presque inconnus, et la quantité de neige condensée en un temps donné y reste très faible. Ce sont des régions de calme et de sérénité. Pas plus que les glaciers des montagnes, elles n'aspirent la chaleur des contrées limitrophes. Ainsi s'expliquent les grandes différences de température entre l'atmosphère et les mers polaires. Le mode le plus actif de refroidissement, l'évaporation, faisant défaut, l'eau amenée par les dernières ramifications des courants, perd lentement son calorique par contact avec l'air et les glaces. Nansen a trouvé l'eau marquant 0,5 à une certaine profondeur, alors que la température de l'air était — 40.

rement. La planète se dispose automatiquement aux rayons solaires, de manière à ce que le calorique se distribue le plus rapidement possible aux endroits où il peut se dépenser. Les régions polaires n'en pouvant convertir qu'une faible quantité en reçoivent peu. L'accommodation s'établit spontanément par le jeu même des pressions thermiques. La chaleur tend à se transformer immédiatement, elle ne vainc la résistance qui s'oppose au déplacement que lorsqu'elle ne peut se convertir sur place.

Si la terre ne transforme pas uniformément la chaleur sur toute sa surface, cela ne provient donc pas seulement de sa forme, mais aussi de sa constitution. Le mobile sphérique est le seul qui, placé en face d'un foyer, puisse convertir la chaleur sur place par une rotation appropriée. Sur tout autre forme, la transformation doit donner lieu à des déplacements et à des troubles profonds.

XVI

Indicateurs du travail cosmique : le baromètre, le pluviomètre, le rendement des cours d'eau

Dans le phénomène thermodynamique, l'atmosphère reste toujours sous la même pression, mais, par suite de la perte de chaleur qui résulte du travail, pour maintenir la pression constante, son volume et sa densité varient avec

la température. D'autre part, lorsqu'elle se dilate, elle aspire l'air et les vapeurs des lieux voisins et cet échange modifie sans cesse son poids sur un espace donné.

N'était ce transport, on pourrait chercher dans les indications du baromètre une mesure de la transformation dynamique, mais cette communication incessante modifie la densité de l'atmosphère, il est bien difficile de discerner les changements qui résultent du travail effectué sur place. Mais s'il ne peut fournir des précisions, le baromètre indique la régularité de la conversion et son intensité moyenne sur un point, pendant un certain temps. Il confirme la loi déjà énoncée :

L'intensité et la régularité de la transformation dynamique croissent du pôle à l'équateur.

La somme des variations barométriques sur un espace donné, pendant une année, somme qui correspond à l'intensité du travail sur ce point, augmente du pôle à l'équateur et les variations deviennent de plus en plus régulières à mesure qu'on approche de ce dernier. A l'équateur, on ne remarque presque pas de changements accidentels, les variations y sont diurnes et s'y produisent avec une telle régularité qu'un baromètre y pourrait servir d'horloge. Depuis midi, le baromètre baisse jusque vers 4 heures, il atteint à ce moment un minimum, puis il remonte et atteint un maximum vers 10 heures du soir. Enfin, il baisse de nouveau, parvient à un second minimum vers 4 heures du matin et à un second maximum vers 10 heures. Les variations diurnes des zones tempé-

rées sont beaucoup plus faibles et plus difficiles à constater au milieu des changements irréguliers.

Le pluviomètre et le rendement des fleuves sans rien nous apprendre sur la régularité de la transformation *en mesurent approximativement l'intensité,* en concentrant le résultat de la condensation. Or, non seulement les régions équatoriales reçoivent la chaleur la plus intense, mais elles sont également soumises à la plus forte énergie inverse, c'est-à-dire à la plus forte compression mécanique. La hauteur moyenne de l'eau qui tombe annuellement est de 0 m. 565 à Paris, de 0 m. 650 à Bordeaux, de 0 m. 768 à Madère, de 2 m. 32 à la Havane, de 2 m. 73 à Saint-Domingue. Ces nombres indiquent assez nettement que la condensation décroît de l'équateur au pôle. Des observations nombreuses et précises permettront peut-être de déterminer un jour la loi de décroissance.

Cette quantité varie également avec les saisons, c'est-à-dire avec l'intensité de la pression thermique. Les saisons les plus chaudes opèrent la condensation la plus intense. La moyenne est de 0 m. 106, l'hiver, 0 m. 175 le printemps, 0 m. 161 l'été, 0 m. 122 l'automne. Les saisons qui reçoivent le moins de chaleur sont donc aussi celles qui condensent le moins de vapeur, et par conséquent effectuent la plus faible transformation.

En prenant la moyenne de chaque mois, on remarque également que cette moyenne augmente ou diminue selon que se rapproche ou s'éloigne le solstice d'été, époque où la pression

thermique est la plus intense sur notre hémisphère.

Mais il n'est même pas nécessaire de recourir au pluviomètre pour se rendre compte de l'intensité de la transformation sur différents points du globe. L'observation de certaines particularités suffit à la révéler. Les fleuves des régions équatoriales charrient un volume énorme d'eau, et ceux des régions tempérées ne sont guère à côté d'eux que des ruisseaux. Cette différence est encore plus significative, si l'on remarque que l'évaporation est plus intense sous les tropiques. Non seulement, les régions surchauffées sont celles qui condensent le plus de vapeurs, mais encore celles où ces vapeurs fournissent un plus grand travail, puisqu'elles sont soumises à une chaleur plus intense et portées à une plus haute tension.

XVII

Intensité de la transformation sur différents points de même latitude

Parmi les causes qui modifient l'intensité de la transformation de différents lieux de même latitude, deux seulement semblent essentielles: le pouvoir absorbant ou propriété de conserver le calorique, et la proximité des mers. La conversion dynamique, pour un espace donné, est en raison directe de la proximité des mers, et en raison inverse du pouvoir absorbant.

Les terrains poreux, marneux qui contiennent toujours une certaine quantité d'eau, conservent en partie le calorique. Ce sont des transformateurs moyens, intermédiaires entre les océans qui emmagasinent la chaleur et les terrains siliceux et arides qui la cèdent avec une grande facilité.

La végétation, en multipliant la surface d'évaporation, semble jouer un rôle important. Elle conserve l'humidité et diminue la chaleur réfléchie, car la réflexion est nulle ou presque nulle sur une surface humide.

Mais la transformation ne peut se maintenir intense qu'autant que la chaleur dépensée peut se renouveler. Or, l'arrivée du calorique dépend de la proximité des mers et surtout des grands courants. Les îles, les presqu'îles, les isthmes et même les récifs sont des radiateurs puissants. Au contraire, les régions centrales des vastes continents ne peuvent guère transformer que la chaleur reçue du rayonnement solaire, et par suite, sont soumis à de grandes chutes de température entre le jour et la nuit, entre l'été et l'hiver.

L'altitude ne semble pas influer beaucoup sur l'intensité de la transformation. Si les montagnes condensent plus de vapeur d'eau que les plaines, cela tient à ce que la conversion s'y effectue à une température plus basse. Comme l'atmosphère est soumise à la pesanteur, elle est moins dense sur les montagnes, une moindre quantité de force élastique ayant à supporter la même pression, y subit une contraction plus grande, est portée à une plus basse tempé-

rature. Les vapeurs y parviennent plus voisines du point de condensation. Le travail thermodynamique les condense complètement au lieu de les maintenir à l'état de brouillards comme sur les plaines. On ne saurait donc mesurer la transformation des montagnes, comme celle des régions équatoriales, au volume d'eau condensée, car elle ne s'y opère pas dans les mêmes conditions.

Pour classer approximativement les différentes régions du globe, selon l'intensité thermodynamique, on pourrait adopter l'ordre suivant :

1° Les îles tropicales ;
2° Les continents tropicaux ;
3° Les îles tempérées ;
4° Les continents tempérés ;
5° Les mers tropicales ;
6° Les mers tempérées ;
7° Les régions glaciales.

Les îles noyées au milieu des océans tièdes sont des transformateurs puissants et réguliers. Elles constituent des foyers d'appel qui désagrègent les vents et les courants réguliers, et aspirent une multitude de brises et de courants secondaires. Comme des sangsues, elles pompent incessamment le calorique de la mer, elles semblent jouer pour la conversion de la chaleur le même rôle que les pointes pour celle de l'électricité.

Des accidents géographiques, en apparence insignifiants, peuvent avoir leur importance dans la thermodynamique du globe. Tels sont

les récifs de coraux disséminés dans les mers tropicales. Dans le seul Pacifique, Dana énumère 290 îles, d'une surface totale de 50.000 kilomètres carrés. Si l'on tient compte des surfaces émergées de plus d'un hectare, c'est à des milliers et à des milliers que dans la mer des Indes et le Pacifique il faut évaluer les îlots bâtis par les polypes constructeurs. Comme ces zoophytes travaillent dans une zone surchauffée, dont la largeur peut atteindre 6.000 kilomètres, on peut se faire une idée des échappées de chaleur et des centres de transformation que ces îlots constituent.

XVIII

Gravitation des satellites

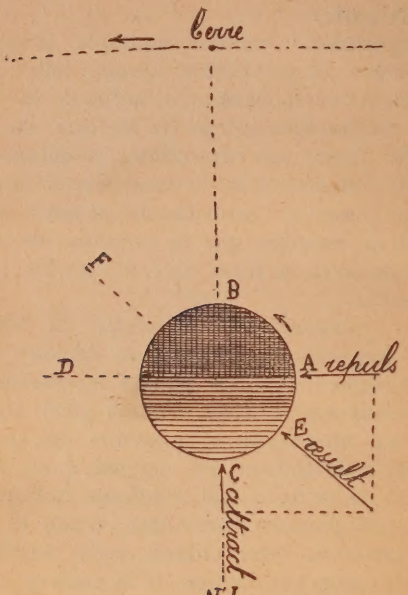
Comme celle des planètes, la gravitation des satellites peut être expliquée par la transformation de la chaleur en énergie mécanique, mais pour se rendre compte du jeu des pressions sur un satellite, sur la lune par exemple, il ne faut pas supposer, comme on le fait trop souvent, cet astre en mouvement autour de la terre immobile. La chaleur solaire ne pourrait jamais, dans ce cas, entretenir la gravitation de la lune. Les pressions thermiques s'annuleraient dans leurs positions successives, ou produiraient tout autre mouvement que celui qui se présente en réalité. Mais tel n'est pas le cas. Les cieux ne révèlent aucun exemple d'un satellite gravitant autour d'une planète immo-

bile. Il ne faut donc pas interpréter comme une infériorité de la théorie l'impossibilité de simplifier la question en justifiant la gravitation autour d'un centre fixe, c'est plutôt une preuve de sa vraisemblance, puisque pareil fait n'existe nulle part.

L'explication thermodynamique s'applique fort bien à la gravitation lunaire telle qu'elle se présente réellement, c'est-à-dire à la translation du satellite autour de la terre en mouvement. Dans son évolution, combinée avec celle de notre planète, la lune décrit une trajectoire sinueuse ; cette courbe prend à chaque instant la direction que la pression thermique composée avec la force vive du mobile tend à lui donner.

Pour montrer les variations de l'énergie solaire sur notre satellite, nous décomposerons ces mouvements en huit phases successives. Les forces sont représentées, comme pour les planètes, sur une coupe de la sphère de réaction, et l'orbite de la lune est supposé dans le plan de celui de la terre. La résultante indiquée est celle de la pression thermique et non la résultante générale. Pour obtenir cette dernière, il faudrait composer l'action de la chaleur avec la force vive qui tend à projeter le mobile selon la tangente. Dans les figures successives, la résultante ne marque donc pas le sens de la trajectoire, mais celui selon lequel elle tend à la modifier. Comme sur les planètes, l'impulsion thermique se déplace continuellement et se trouve en lutte constante avec la force vive. Cette lutte engendre la courbe sinueuse de gravitation.

(*1re phase*). — La lune est en conjonction. La chaleur exerce en A sa répulsion maxima sur l'éther. Par suite de la rotation, l'hémisphère

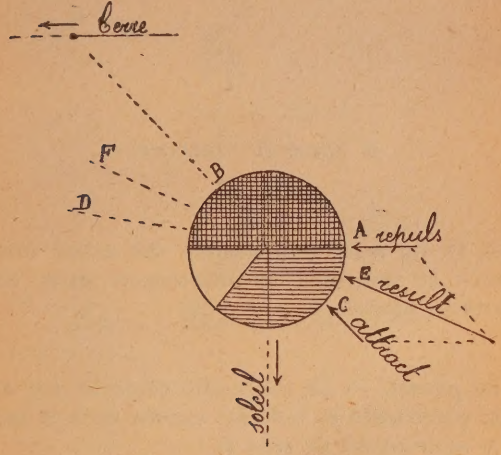


1re phase

Fig. 14

ABC tient en réserve une certaine quantité de chaleur, car il est, ou vient d'être exposé au foyer solaire. C'est l'hémisphère dont le rayon-

nement est le plus intense, et par conséquent, celui qui reçoit de l'éther mis en jeu par la chaleur, la plus forte réaction. Cette impulsion s'applique à peu près en A, se compose avec l'attraction en C, pour donner la résultante E qui tend à infléchir dans le sens F la force vive de sens D. Le mouvement prend donc une direction intermédiaire entre ces deux extrêmes. Pendant ce temps, la terre continue son mouvement, et les positions respectives des deux masses se modifient.

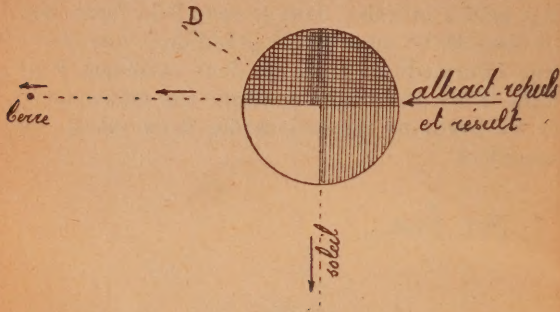


2e phase (1er octant)

Fig. 15

(*2e phase*). — La répulsion s'exerce en A et l'attraction en C. La résultante influence dans le sens F le mouvement de direction D.

(*3e phase*). — La pression thermique et l'attraction sont de même sens, sur la même droite. Elles s'ajoutent et agissent dans la direction de la terre sur la force vive du mobile qui tend



3e phase (1er quartier)

Fig. 16

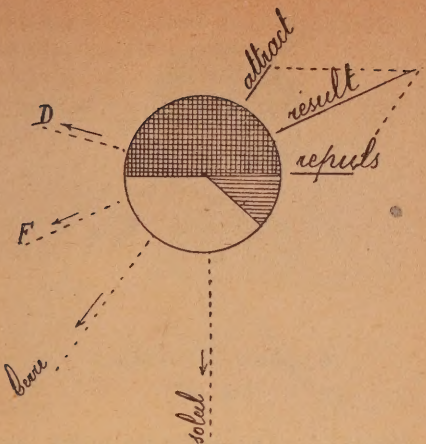
vers D. La résultante modifie son action antérieure et influence le mouvement dans une direction nouvelle.

(*4e phase*). — La résultante continue son action précédente et infléchit encore dans le sens F le mouvement de sens D.

(*fig. p. 121*).

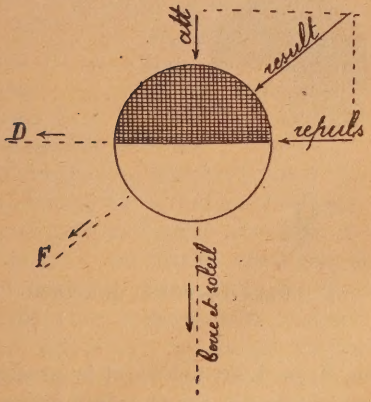
(*5e phase*). — La pression thermique dévie de plus en plus vers F la translation orientée selon D.

(*fig. p. 121*).



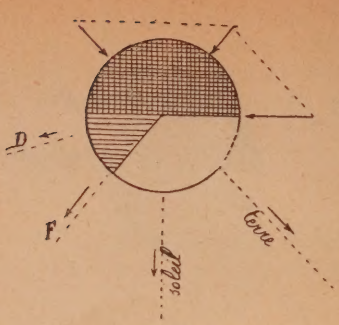
4e phase (2e octant)

Fig. 17



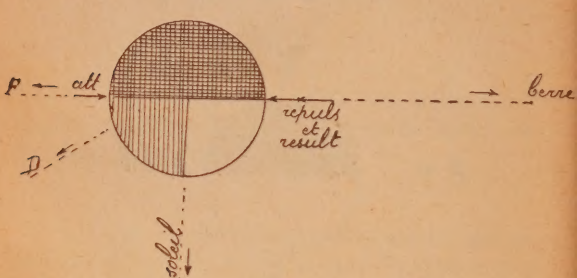
5e phase (pleine lune)

Fig. 18



6e *phase* (3e octant)
Fig. 19

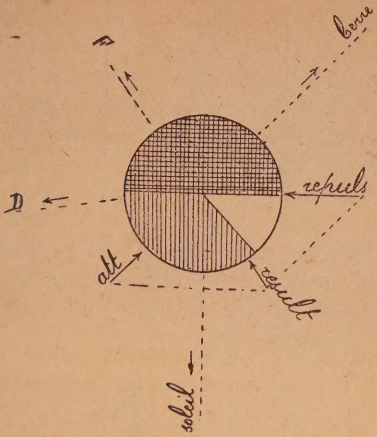
(6e *phase*). — La résultante influe dans la direction F sur le mouvement de direction D.



7e *phase* (dernier quartier)
Fig. 20

(7e *phase*). — L'attraction et la pression thermique sont opposées sur la même droite. La différence agit selon F, la force vive selon D. C'est

un nouveau revirement de la résultante et, par suite, de la trajectoire.



8e phase (4e octant).

Fig. 21

(*8e phase*). — La résultante amplifie l'action commencée à la 7e phase, elle infléchit vers F le mouvement de sens D.

Si l'on compose à chaque instant la résultante de la chaleur et de l'attraction avec la force vive, on obtient la courbe sinueuse que décrit la lune dans sa gravitation combinée avec celle de la terre. Notre planète et son satellite se comportent ainsi comme deux mobiles solidaires, sur lesquels agit un couple de forces.

On peut remarquer que la pression thermique se maintient en des positions parallèles, faisant avec les rayons solaires un angle de

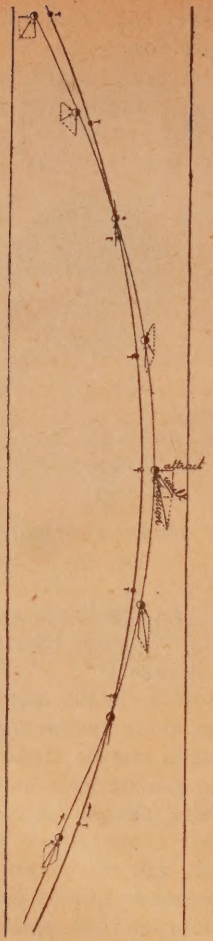


Fig. 22

90° environ. La résultante, au contraire, par suite des variations incessantes de la direction de l'attraction terrestre, oscille de part et d'autre de la pression thermique et engendre cette courbe sinueuse qui passe tour à tour à l'intérieur et à l'extérieur de l'orbite terrestre. Notre satellite est soumis à une troisième force, l'attraction solaire et c'est uniquement pour ne pas compliquer la question que nous avons négligé d'en tenir compte. Nous indiquerons bientôt l'influence de cette troisième force, en montrant que les perturbations lunaires sont dues à l'inégale intensité dynamique de la chaleur et de l'attraction sur notre satellite, inégalité qui est en fonction de la distance du soleil.

XIX

Rotation réelle et rotation apparente

Conception mécanique et conception cinétique du mouvement

Examinons maintenant comment par le jeu des pressions thermodynamiques la lune nous présente toujours la même face, et commençons par détruire une illusion, celle qui nous fait croire à la rotation de la lune.

Lorsque nous disons que la lune tourne sur elle-même, nous sommes victimes d'une erreur pareille à la croyance des Anciens au mouvement réel des étoiles autour de la terre. La rotation de la lune n'est qu'apparente.

Un mobile est en rotation quand il est animé d'un mouvement curviligne, selon un axe intérieur ; il est en révolution quand le mouvement se rapporte à un axe extérieur. Ces deux mouvements sont analogues, et il souvent fort difficile de les différencier, car ils dépendent uniquement de la position des axes réels ou imaginaires dans l'espace. Une sphère qui tourne sur un axe tangent à l'un de ses rayons est-elle en rotation ou en révolution ? Par définition, la rotation se rapporte à un axe passant par le centre de la sphère, et toute rotation excentrique devient partiellement une révolution. Le langage scientifique garde cependant le mot de rotation quand l'axe traverse ou touche la sphère. On appelle révolution le mouvement sur un axe extérieur.

Il n'y a pas d'inconvénient à conserver présentement à cette définition.

La détermination de l'axe réclame une analyse souvent fort complexe. Nous ne pouvons guère discerner les différents mouvements curvilignes d'un mobile que par leurs effets, c'est-à dire les différentes forces centrifuges qu'ils développent, ou le frottement qu'exercerait le mobile sur un corps fixe en tangence. Toute rotation combinée avec un révolution doit engendrer une force centrifuge distincte de la force centrifuge de révolution, et se rapportant à l'axe du mouvement (1). On peut également saisir la différence des deux mouvements, en

(1) Une toupie qui tourne sur un manège a deux force, vives centifuges se rapportant, l'une, à l'axe de la toupies l'autre, à celui du manège.

essayant de se représenter comment le mobile se comporterait relativement à un point fixe. Dans la rotation, le frottement ou la tangence se rapporte à l'axe intérieur. La roue qui se déplace en tournant sur un plan, possède deux forces centrifuges distinctes et peut exercer deux frottements différents, puisqu'elle est animée d'un double mouvement, le déplacement et la rotation.

Après ces distinctions, il sera facile de nous représenter que la lune évolue à la fois autour du soleil et autour de la terre sans tourner sur *elle-même*. Elle n'a pas de mouvement de rotation, mais deux mouvements de révolution. Des cas semblables à la gravitation lunaire nous montrent dans quels cas il peut y avoir rotation réelle.

La pierre de la fronde en mouvement ne tourne pas *sur elle-même* et ne possède qu'une seule force centrifuge, elle présente cependant la même face au frondeur. Elle tourne sur elle-même, grâce à la résistance de l'air, quand elle est libérée. De même un coureur se révèle constamment sous le même aspect à l'observateur placé au centre de l'arène circulaire. La boîte d'une boussole fixée sur un manège présente toujours la même face au spectateur placé selon l'axe, et nous ne disons pas qu'elle tourne sur elle-même. L'aiguille aimantée, au contraire, découvre tantôt l'extrémité nord, tantôt l'extrémité sud à l'observateur ; elle tourne sur elle-même. Cette rotation est bien un mouvement réel, car si la révolution est rapide et l'aimantation puissante, le frottement de l'aiguille pourra échauffer le pivot.

Si quelque observateur, placé au centre de la terre, pouvait voir les habitants de cette planète, il n'en apercevrait que les pieds, il ne dirait pas que les hommes tournent sur eux-mêmes. Il est fort heureux qu'il n'en soit pas ainsi ; supposez la pauvre humanité déjà sujette à tant de maux, astreinte, par surcroît, à cette rotation continue. Nous tournerions réellement sur nous-mêmes, si nous devions nous rendre aux antipodes, en passant par le centre de la terre, car nous risquerions, sans cela, de nous trouver en arrivant dans une position inverse à notre position normale.

Mais il est inutile d'insister et de multplier les exemples. Les conceptions sur la rotation de la lune reposent sur des définitions différentes du mouvement. Les astronomes anciens et modernes s'accordent à reconnaître que la lune nous présente toujours la même face. La définition ancienne du mouvement, celle qui est adoptée ici, est une définition mécanique, non seulement la seule complète, mais encore la seule qui puisse nous permettre d'éviter les confusions et les erreurs. Le mouvement ne peut être défini, déterminé, que par sa cause et ses effets, c'est-à-dire par la force, le contact, la résistance, la direction de sa force vive. C'est grâce à la pression, au frottement, aux chocs et aux secousses résultant de la force motrice, que nous parvenons à discerner les innombrables illusions de la vue. Or, nous ne pouvons atteindre les mouvements célestes que par l'observation visuelle, si nous voulons qu'ils cessent de nous duper, ce qu'ils font amplement

depuis que nous essayons de les connaître, nous devons les assimiler aux mouvements terrestres que nous pouvons percevoir par tous nos sens. Le vice des idées actuelles sur le mouvement a une origine si profonde qu'il exige une modification complète des bases mêmes de la science. Il remonte au jour où l'on a abandonné toute explication mécanique des phénomènes, pour édifier les théories sur les qualités occultes d'attraction et de force, considérée sous l'unique aspect de masse en mouvement. La gravitation thermodynamique conserve à la force sa représentation la plus générale, celle d'impulsion, de poussée, de pression analogue à celle que nous pouvons nous-même exercer. Cette conception implique les idées de choc, de tangence, et laisse supposer que le mouvement universel se ramène à celui des machines. Le mobile ne perd jamais contact et se meut en réagissant sur les corps voisins. La science future présentera probablement l'attraction comme un ensemble complexe de phénomènes dont les sens ne nous révèlent que la synthèse. Mais en attendant ce retour à la conception mécanique, la seule rationnelle, la force est considérée dans les théories scientifiques comme une abstraction, une sorte de vertu, de qualité occulte qui exclue l'idée de pression et de contact. Par suite le mouvement n'est qu'un changement spatial, il est défini uniquement par les variations de perspective visuelle. Mais une définition exclusivement géométrique du mouvement n'est pas suffisante. Tout déplacement présente autant d'aspects qu'il y a de

points dans l'espace. Si le mobile se dirige vers le point de repère, il y a changement de distance sans variation angulaire, s'il se meut, au contraire sur une circonférence dont le centre est le point d'observation, il y a variation angulaire sans changement de distance. Si nous discernons les mouvements par les perspectives du mobile, nous les verrons varier à l'infini comme ces perspectives.

Il est facile de montrer par un exemple la différence entre la définition géométrique et la définition mécanique. Faye, après avoir rappelé que certaines personnes ont beaucoup de peine à concevoir la rotation de la lune, ajoute: « Pour se convaincre du contraire par une expérience bien simple, il suffit de circuler autour d'une table sans tourner sur soi-même, c'est-à-dire en faisant toujours face à la même région de l'espace ; il est évident qu'après être revenu au même point de départ, l'expérimentateur aura successivement présenté tous ses côtés à la table » (1).

Pour être précis, Faye devrait dire : en faisant toujours face à la même région de l'espace extérieur. Si cette région est à proximité, il est clair qu'il sera impossible de lui faire face en tournant autour de la table sans tourner sur soi-même. Il faut donc pour compléter la définition situer la région de repère à l'infini, ce qui n'a aucun sens quand on invoque, pour la clarté de l'explication l'expérience visuelle. D'ailleurs, si l'expérimentateur en question n'a

(1) Faye. — *Leçons de Cosmographie.*

pas tourné relativement à un point extérieur situé à l'infini, il a tourné au point de vue mécanique, au point de vue contact, pression, toucher, car, à aucun moment de son évolution, il ne viendrait en tangence sur le même point du corps avec des objets rigides, comme des jalons fixés sur la courbe d'évolution. Il a tourné aussi au point de vue cause, force motrice, car s'il répète exactement en se mouvant sur une ligne droite les efforts successifs qu'a nécessités son déplacement curviligne, il présentera successivement tous ses côtés à un spectateur situé à l'extrémité de la droite. Bien plus, il a tourné même au point de vue spatial, géométrique excepté, pour les points situés à l'infini, expression qui n'a aucun sens, et cette rotation a pris toutes les valeurs selon la distance, à la courbe de révolution. Elle est complète et vaut 360 degrés à l'intérieur de la courbe et sur la courbe même, elle va en diminuant à mesure que s'éloigne le point d'où on la considère. Il faut donc faire une supposition absurde comme celle d'un point situé à l'infini, pour soutenir qu'une pareille révolution n'implique pas de rotation, c'est assez dire que cette conception du mouvement est elle-même absurde.

Le vice de cette théorie, purement visuelle, remonte à l'erreur fondamentale de la mécanique céleste, c'est-à-dire à l'assimilation des mouvements des planètes à ceux des projectiles. Le projectile qui ne tourne pas sur un axe intérieur se meut selon des positions constamment parallèles, et il est nécessaire de le douer d'une certaine rotation pour qu'il présente tou-

jours la même face au foyer de la courbe. Mais les astres ne gravitent pas comme les projectiles, ils se meuvent comme des moteurs thermiques en prenant appui sur un milieu. Quand nous distinguons entre leurs mouvements apparents et leur mouvement réel, il est clair qu'il faut entendre par ce dernier le déplacement mécanique, celui qui implique les notions de contact, de pression, de frottement, de résistance, le mouvement qui tombe à la fois dans le champ d'expérience de la vue et du toucher, unique point de départ de toute connaissance sûre, et non celui qui relève uniquement du sens de la vue. L'Histoire des sciences a suffisamment prouvé que nous sommes sujets à d'innombrables illusions, quand nous négligeons de confirmer nos perceptions visuelles par le raisonnement qui repose sur notre expérience complète, et par suite en partie, sur l'élément de contact. Si nous n'avions introduit pareil contrôle dans la science, nous en serions encore aux erreurs de Ptolémée sur les mouvements célestes. L'impuissance de la vue à nous donner les distances sidérales n'indique-t-elle pas assez que toute notion scientifique doit être rationnelle et non simplement visuelle ?

Les remarques qui précèdent suffisent donc à montrer : 1° qu'un mobile animé d'un mouvement réel de rotation et de révolution présente successivement toutes ses faces à l'axe de révolution, même lorsque les durées des deux mouvements sont équivalentes.

2° *Que toute révolution donne l'illusion d'une rotation égale en durée.* Nous rapportons à un

axe intérieur un mouvement qui dépend en réalité d'un axe extérieur, et par conséquent, n'est pas une rotation.

Un spectateur qui regarderait la lune du soleil serait victime d'une illusion semblable et aboutirait à l'ereur des observateurs terrestres, tout en raisonnant fort différemment. Il conclurait à la rotation de la lune après avoir constaté que la même tache lunaire apparaît et disparaît plusieurs fois pendant une révolution complète autour du soleil. D'après ce que nous venons de dire, cette alternative est due au mouvement du satellite autour de la terre. En aucun cas, il ne peut être question d'une rotation de la lune, puisque cet astre ne se meut pas sur un axe intérieur et n'a pas de force centrifuge de rotation, mais deux forces centrifuges de révolution, se rapportant respectivement à ses deux mouvements combinés.

D'après le jeu des pressions thermodynamiques, la lune ne peut pas tourner sur elle-même.

Il est démontré en mécanique que si plusieurs forces affectent un corps mobile avec des tendances à le faire tourner dans des directions différentes, elles se neutralisent l'une l'autre et produisent l'équilibre, si la somme des moments des forces qui tendent à faire tourner le corps dans une direction, est égale à la somme des moments de celles qui tendent à le faire tourner dans une direction opposée. Or, en considérant les résultantes qui agissent sur la lune à deux points opposés de son orbite, nous remarquons qu'elles tendent à faire tourner le satellite, tantôt dans un sens, tantôt dans un

autre directement contraire, et agissent pendant des temps égaux.

Si nous représentons, en un point quelconque, à l'opposition par exemple, les résultantes générales qui ont agi pendant une demi-révolu-

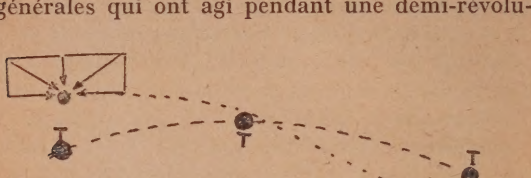


Fig. 23.

tion, avec leurs points d'application respectifs, nous voyons qu'elles sont égales et placées de manière à empêcher toute rotation.

Ainsi, dans la théorie thermodynamique, les astres que nous appelons les satellites ne sont pas entièrement des satellites, et ne restent pas dans une dépendance complète. Ils reçoivent leur énergie motrice du soleil et ont en lui un centre d'attraction. Ils n'ont hors de lui qu'un centre de capture qui les astreint à combiner leur gravitation avec la sienne.

Une remarque bien simple prouve que la lune ne dépend pas directement de la terre, mais du soleil. Si nous tenons pour valable l'évaluation de la masse solaire, d'après la méthode newtonienne, nous pouvons aisément calculer les intensités respectives des attractions du soleil et de la terre sur la masse de la lune.

Prenons comme unité de masse, la masse de

la terre et, comme unité de distance, le rayon terrestre. En vertu de la loi newtonienne, l'action du soleil sur la lune est $\frac{324000}{(23280)^2} = 0{,}0006$ et celle de la terre $\frac{1}{(60{,}27)^2} = 0{,}000275$.

Nous découvrons ainsi que l'attraction solaire est bien supérieure sur notre satellite à celle de notre planète ; elle est plus que double. La lune ne pourrait donc être maintenue sur son orbite par l'attraction terrestre. Une masse est incapable d'asservir un satellite qu'une autre masse influence plus qu'elle. La lune est une petite planète qui gravite comme les autres, sous l'action de deux forces égales et contraires, l'attraction et la chaleur solaires. L'action de la terre est une force secondaire, qui tantôt s'ajoute aux deux autres et tantôt s'en retranche.

Toutefois, l'attraction solaire sur les satellites des planètes supérieures n'est probablement pas prépondérante. La révolution de ces globes résulte d'une part, de l'accommodation des influences du soleil et de la masse centrale, de l'autre, de la chaleur solaire ou force centrifuge.

En réalité, les satellites sont de petites planètes qui tendent à l'indépendance. Nous allons voir que par la divergence centrifuge ils tirent incessamment sur leurs chaînes comme des esclaves qui ne peuvent se résigner à leur sort. Grâce à cette divergence, l'accommodation des mouvements s'établit en engendrant une gravitation secondaire.

XX

Divergence centrifuge

L'attraction agit selon les masses, tandis que la chaleur agit selon les surfaces. La force centrifuge d'un corps céleste est donc à sa force centripète comme sa surface est à sa masse. Un mobile est d'autant plus centrifuge, et, par conséquent, se maintient à une distance moyenne du foyer d'autant plus grande que le rapport $\frac{4\pi R^2}{M}$, de sa surface externe à sa masse est plus grand. L'observation astronomique n'est pas loin de confirmer ce rapport, elle le confirmerait probablement, n'était la divergence des satellites.

Un satellite gravite à la même distance moyenne du foyer que la planète dont il dépend, et présente toujours un volume incomparablement plus petit. Or, le volume croît selon le cube du rayon, et la surface externe selon le carré du rayon, c'est-à-dire selon une loi beaucoup plus lente.

Le rapport de la surface au volume $\frac{4\pi R^2}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ diminue à mesure que le rayon de la sphère augmente. Si la densité reste constante, le rapport de la force centrifuge à la force centripète varie donc selon la même loi que le rapport de la surface au volume ; la force centrifuge augmente à mesure que le rayon diminue. Les

satellites se maintiennent à la même distance moyenne que la planète dont ils dépendent, et reçoivent annuellement la même quantité de chaleur sur l'unité de surface. Pour posséder une force centrifuge relativement équivalente à celle de la planète, ils devraient être plus denses que cette dernière, puisqu'ils présentent une surface externe plus grande sous même volume. Or, l'observation nous révèle qu'ils sont généralement moins denses. Ils seraient d'ailleurs d'égale densité qu'ils conserveraient encore une force motrice relativement supérieure. Ces astres sont donc des entraîneurs centrifuges qui tentent sans cesse de se libérer, et exercent une traction continue sur la masse qui les tient captifs.

Nous aboutissons ainsi à considérer le satellite comme un mobile qui reçoit une impulsion tangentielle supérieure à celle de la planète et, par suite, doit être animé d'une vitesse plus grande, puisque les vitesses de masses égales sont proportionnelles aux forces qui les ont imprimées. Lorsque nous parlons de masses égales, nous rapportons évidemment la question à l'unité de masse. Si les forces qui agissent sur la lune sont supérieures à celles qui s'exercent sur une masse terrestre équivalente à celle de la lune, la translation lunaire doit être plus rapide que la translation terrestre.

La terre et la lune sont donc deux mobiles solidaires respectivement soumis à deux forces d'inégale intensité. Or, lorsque deux forces inégales agissent respectivement, non en ligne droite, sur deux mobiles indissolublement unis,

elles communiquent simultanément au système un mouvement de translation et un mouvement de rotation. La rotation du système devient évidemment une révolution si l'on considère isolément l'un des mobiles. Deux cailloux reliés par une ficelle, et lancés par des impulsions inégales en des directions différentes, nous donnent une grossière image de ce mouvement. Le système part en tournoyant.

Pour que deux masses célestes combinent leur gravitation, il faut que la plus petite reçoive une énergie motrice relativement supérieure. Dans le cas contraire, elle serait constamment remorquée par la plus grande ou semée dans l'espace.

Comme la divergence centrifuge s'exerce en tous les sens, elle accélère et retarde tour à tour le mouvement de la planète, mais elle l'accélère plus qu'elle ne le retarde. En réalité, lorsque l'harmonie est intervenue dans les deux gravitations, la planète et le satellite s'entraînent réciproquement et alternativement. Lorsque le satellite devance la planète, une partie de sa force vive se dépense à exercer une traction sur cette dernière. C'est une perte d'énergie qui ralentit sa translation. Pendant que la chaleur solaire lui rend peu à peu la force vive perdue, la planète le devance et l'entraîne à son tour. On voit que ces actions et réactions incessantes peuvent jeter un nouveau jour sur certaines particularités de la gravitation lunaire.

Lorsque plusieurs satellites dépendent de la même planète, leurs actions et réactions réciproques sur le centre commun s'opposent et se

détruisent en grande partie. Leur efficacité se réduit à une différence dans la somme des tractions opposées qu'ils exercent sur la masse centrale.

En vertu de la divergence, les satellites, devenus indépendants, évolueraient à de plus grandes distances. La lune libérée serait probablement projetée par la chaleur solaire dans la zone des petites planètes, entre Mars et Jupiter.

Divergence et distance au foyer

Si nous considérons sur les planètes elles-mêmes cette divergence que nous avons essayé de préciser pour les satellites, nous aboutissons à une conséquence inéluctable.

Le même nombre représente qui la divergence c'est-à-dire le rapport $\frac{\text{surface}}{\text{masse}}$ représente également la distance au foyer moteur.

Ce corollaire résulte directement du fait que l'attraction et la chaleur décroissent selon la même loi et de leurs effets contraires, celui de la première étant centripète et celui de la seconde centrifuge. Par suite, la masse ou emprise de l'attraction sur le mobile, se trouve un facteur de rapprochement, tandis que la surface externe ou efficacité de la chaleur est un facteur d'éloignement.

Pour vérifier la concordance des distances et des divergences, il faudrait évidemment faire abstraction des satellites et de leur traction, et admettre comme exact le calcul de la masse selon le procédé newtonien. Or, il est difficile

de mesurer l'effet moteur des satellites sur les planètes et, d'autre part, se baser sur l'évaluation ancienne des masses c'est renoncer à toute cette théorie et se contredire dans les termes. Si je signale le rapport de divergence comme mesurant la distance au foyer, c'est pour montrer que je n'hésite pas à pousser la théorie à ses conclusions extrêmes, tant les données fondamentales me paraissent sûres. Ces conclusions sont d'ailleurs susceptibles d'une vérification ultérieure.

XXI

Perturbations

L'insuccès mathématique des théories dans le calcul des perturbations, surtout des perturbations lunaires, est dû à ce qu'elles attribuent à ces variations une cause unique; l'attraction. L'expérience physique a beau nous démontrer que la disparition de la chaleur sans effet mécanique est aussi incroyable que l'anéantissement de la matière, les théoriciens s'obstinent à considérer comme une abstraction le calorique reçu par les mobiles célestes. En partant, de la seule influence de l'attraction, ils ne peuvent aboutir à une solution satisfaisante.

Les perturbations s'expliquent par les variations simultanées, mais non équivalentes de l'attraction et de la chaleur. Le problème des trois corps se réduit donc à rechercher les chan-

gements des énergies motrices qui résultent des positions respectives.

Les perturbations périodiques deviennent fort compréhensibles, si on les rapporte aux variations de l'attraction et de la chaleur solaire sur des masses inégales et d'inégal rendement thermodynamique.

Nous avons vu que la chaleur du soleil tend à éloigner la lune de la terre. Cette action se fait sentir plus ou moins énergiquement, suivant que le soleil est plus ou moins rapproché des mobiles. L'orbite de la lune se contracte peu à peu, pendant que le soleil va du périgée à l'apogée, pour se dilater ensuite, pendant que le soleil revient de l'apogée au périgée. C'est l'inégalité connue sous le nom d'équation annuelle. En vertu de cette variation, la durée de la révolution sidérale de la lune, évaluée chaque année au 1er janvier, surpasse de plus d'un quart d'heure cette valeur déterminée au 1er juillet.

A mesure que le soleil se rapproche, il dilate l'orbite lunaire, et diminue simultanément la vitesse angulaire du mouvement autour de notre planète. On a attribué cet effet à la différence d'attraction qui résulte du rapprochement ou de l'éloignement du soleil, mais cette influence est totalement insuffisante, car elle reste toujours de même sens et devrait tendre à déformer l'orbite lunaire plutôt qu'à le dilater régulièrement. Toute dilatation régulière de l'orbite indique une variation simultanée de l'attraction et de la force tangentielle.

L'action thermodynamique plus intense, causée par le passage du soleil au périgée, pro-

voque à la fois la dilation de l'orbite et la diminution de la vitesse angulaire de la lune en révolution autour de la terre.

Dans le parallélogramme des forces, la résultante varie en direction selon les intensités respectives des deux composantes. Quand la pression thermodynamique augmente, la résultante se rapproche de celle-ci et tend à devenir tangentielle. Quand la chaleur diminue, au contraire, la résultante se rapproche de l'attraction et

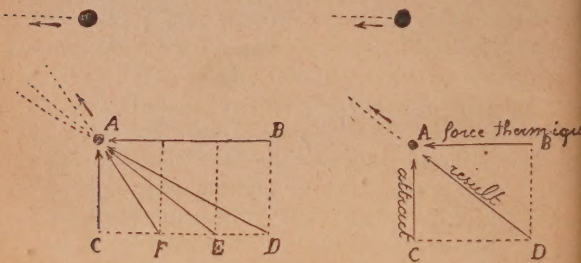


Fig. 24.

tend à devenir centripète. Or, en devenant centrifuge, la résultante écarte le mobile du centre d'attraction, elle l'en rapproche au contraire quand elle tend à devenir centripète. Elle produit évidemment des effets inverses sur la vitesse angulaire du satellite dans son mouvement autour de la planète. Cette vitesse diminue quand la distance augmente. Les lois de Kepler suffisent à rendre compte de l'effet des distances sur les vitesses.

Il reste maintenant à montrer comment le rapprochement solaire peut modifier différem-

ment, les énergies motrices et, par suite, les vitesses respectives des deux mobiles. Le rapprochement est équivalent pour la lune et la terre, or, l'accroissement du facteur par lequel on multiplie les deux termes d'un rapport ne change pas ce rapport : $\frac{2 \times 3}{3 \times 3} = \frac{2 \times 4}{3 \times 4}$. C'est ici qu'intervient de nouveau la divergence centrifuge. N'était cette divergence, la variation de chaleur produirait des accélérations équivalentes des mouvements et, par conséquent, modifierait la translation du couple, autour du soleil, mais non celle d'un mobile de ce couple, relativement à l'autre.

L'accroissement de chaleur ne produit pas des variations équivalentes dans les translations lunaire et terrestre, parce que *son effet sur les deux mobiles est en fonction de la divergence.*

Représentons par 150 l'énergie motrice de la lune, et par 120 l'énergie qui s'exerce sur une masse de la terre, égale à celle de la lune. Si l'accroissement simultané de chaleur et d'attraction qui résulte du passage du solei au périgée est de 1/10, son effet mécanique se traduira sur les mobiles respectivement par 150/10 et 120/10, ce qui portera à 165 l'énergie mécanique de la lune et à 132 celle de la terre. La différence 30, qui mesurait la divergence est devenue 33.

Les perturbations dues aux variations des distances solaires se réduisent donc à des variations de divergence centrifuge. Mais si l'on fait intervenir les effets du rapprochement

mensuel du foyer, l'étude en devient fort complexe.

En approfondissant la question, nous remarquons que la divergence seule ne suffit pas à rendre compte des variations au moment où elles se produisent. L'augmentation de chaleur met six mois à amener la terre à l'aphélie, et moins de quinze jours à projeter la lune à l'apogée.

Pour rendre compte de la différence des temps, nous devons recourir à ce que nous appellerons, à propos des lois de Kepler, la période d'équivalence mécanique. Si l'effet mécanique de l'attraction est instantanée, la transformation thermodynamique est plus ou moins lente, selon la quantité de chaleur que les transformateurs peuvent tenir en réserve. Le temps de rendement thermodynamique est constant pour chaque mobile à gravitation indépendante. C'est le temps de gravitation. L'accroissement de chaleur se transforme donc d'autant plus vite en mouvement, que la capacité thermique du mobile est plus faible. *Le mois lunaire est la période d'équivalence mécanique de la chaleur et de l'attraction sur notre satellite,* c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la somme des effets de la chaleur balance exactement la somme des effets de l'attraction. Mais les temps de révolution des satellites ne peuvent pas être invariables comme les années planétaires, puisque la divergence, en fonction de la distance au foyer, est incessamment variable. Seule, la somme des temps des révolutions lunaires, pendant une année terrestre, est cons-

tante, ce qui nous démontre une fois de plus que les satellites reçoivent directement du soleil leur énergie motrice.

La rétrogradation des nœuds de l'orbite lunaire est due, comme la précession des équinoxes, à une asymétrie mécanique de latitude. Nous ne pouvons expliquer différemment ces deux phénomènes analogues, puisque l'attraction seule est impuissante à les provoquer. Il semble au premier abord difficile de supposer une asymétrie mécanique sur notre satellite dépourvu de fluide pour transporter la chaleur, et apparemment réduit à consommer sur place l'énergie reçue. Mais les échanges peuvent parfaitement s'opérer à l'intérieur du mobile par courants thermo-électriques, mouvements sismiques, etc... La surface convulsée que nous présente le globe lunaire rend cette supposition fort vraisemblable.

Quant à la variation séculaire de la révolution sidérale, elle est liée à la variation séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre. Elle a donc aussi une cause thermodynamique, puisque nous avons déjà rapporté la diminution de l'excentricité à un changement dans le rendement mécanique de notre globe.

XXII

Relations générales entre les mouvements des corps célestes et la chaleur reçue

Lois de Kepler et théorème de Herschell

Comme les lois de Kepler démontrent l'harmonie et la régularité de la gravitation, elles doivent se traduire dans la thermodynamique céleste par des rapports simples entre la translation d'un mobile et la chaleur reçue. Les relations qui existent entre l'énergie solaire, les trajectoires et les vitesses, ne sont que des formules différentes de celles qui sont déjà connues, mais elles ne prouvent pas moins que les lois qui régissent la mécanique céleste s'adaptent parfaitement à l'hypothèse, et peuvent devenir celles de la thermodynamique céleste.

On démontre en physique que la chaleur reçue sur une même surface est en raison inverse des carrés des distances au foyer. Cette loi ne peut être vérifiée que dans le domaine restreint de l'observation, mais elle est basée sur des expériences variées, et confirmée par un grand nombre de faits astronomiques. Nous pouvons donc la généraliser sans trop nous risquer, nous pouvons l'admettre comme certaine dans le milieu où se meut le système solaire.

La chaleur varie donc en intensité avec la distance selon la même loi que l'attraction.

Recherchons maintenant les causes du mouvement elliptique, et essayons de discerner

comment l'action simultanée de la chaleur et de l'attraction peut faire décrire aux mobiles des courbes appartenant aux sections coniques.

L'observation nous révèle deux facteurs constants dans les éléments elliptiques des planètes : l'axe moyen et, par conséquent, la distance moyenne au foyer, et le temps de révolution. La chaleur et l'attraction meuvent donc une planète selon une courbe fermée dont la distance moyenne au foyer reste constante, et toutes les révolutions complètes du même mobile sont d'égale durée. Il faut pour cela que les sommes des actions exercées pendant l'année par les deux énergies adverses ; la chaleur, ou énergie centrifuge, et l'attraction ou énergie centripète, soient équivalentes. Des effets égaux pendant des temps égaux révèlent des dépenses égales d'énergie. Puisque la lutte de la force qui tend à éloigner le mobile avec celle qui tend à le rapprocher, maintient constamment ce mobile à la même distance du foyer, les deux forces s'équilibrent. Leurs sommes de sens contraire sont égales. Si l'une d'elles augmentait ou diminuait, la trajectoire serait une spirale, une spirale sortante dans le cas d'une augmentation de chaleur, une spirale rentrante dans le cas d'une diminution. La distance moyenne, dès lors, ne serait plus invariable, ce qui est contraire à la réalité. Nous savions déjà, par le théorème d'Herschell que la chaleur annuelle reçue par le même mobile est constante, l'invariabilité des distances moyennes nous apprend que cette quantité de chaleur correspond exactement à l'attraction.

Et cependant, la forme elliptique de la trajectoire indique des différences successives dans les effets des deux forces. Si ces effets étaient constamment équivalents, ils feraient décrire au mobile, non une ellipse, mais une circonférence.

Les différences dans le rendement mécanique des deux énergies, différences qui se compensent durant une révolution complète proviennent d'accumulations inégales de ces énergies sur le mobile. La force centrifuge, transmise par la chaleur, est susceptible de deux accumulations différentes et successives : l'accumulation thermique et l'accumulation mécanique, lorsque la première s'est convertie en énergie cinétique. La force centripète, au contraire, l'attraction, transmise sous la forme mécanique, n'est susceptible que de l'accumulation en force vive. On sait que la force vive d'un mobile est la somme des actions exercées pendant un certain temps par une énergie mécanique, pesanteur, puissance balistique, etc... Elle peut dépenser instantanément dans un choc cette réserve d'énergie. Si nous décomposons la force vive d'un mobile céleste, nous trouvons deux composantes : l'une centripète et l'autre centrifuge, qui représentent l'accumulation mécanique respective des deux énergies adverses. Mais le globe possède en outre une chaleur latente, une réserve de calorique solaire qui représente de l'énergie centrifuge à l'état thermique.

En physique, nous mesurons cette quantité de chaleur absorbée par un corps en multi-

pliant le poids de ce corps par sa température et par son calorique spécifique. Comme les différents corps, les planètes ont leur chaleur spécifique et, par conséquent, une capacité thermique particulière.

En vertu de ces deux accumulations successives, un mobile céleste peut donc tenir en réserve plus d'énergie centrifuge que d'énergie centripète. Toutefois, cette différence ne suffit pas encore à rendre compte des variations de distance au foyer, car si l'accumulation thermique avait une température limite, dès que cette température serait atteinte, la chaleur reçue donnerait tout son effet mécanique, et la trajectoire redeviendrait circulaire. Mais l'expérience nous apprend que cette accumulation n'a pas de température limite. Il n'y a pas de moteur thermique qui puisse transformer en mouvement une augmentation de chaleur, sans que s'élève en même temps la température à laquelle la transformation s'effectue. Or, l'énergie mécanique développée par la chaleur varie selon une loi plus rapide que la température. C'est un fait d'expérience dont on peut d'ailleurs se rendre compte en comparant, à l'aide des tables, les tensions de la vapeur d'eau à différentes températures Ces tensions et, par suite, les effets mécaniques qu'elles produisent, croissent plus rapidement que la température.

Ainsi, la chaleur et l'attraction varient avec les distances selon la même loi, mais par suite des différences d'accumulation, les effets mécaniques respectifs sont soumis à des variations différentes. Ces variations changeront périodiquement la distance au foyer.

Représentons approximativement l'effet mécanique des deux énergies solaires sur un mobile. Quand ce mobile est à l'aphélie de son orbite, par suite de la décroissance rapide de la pression thermique, la force centrifuge devient inférieure à la force centripète ; la chute commence vers le foyer. Le rapprochement de la source de chaleur amène non seulement un accroissement équivalent de calorique et d'attraction, mais aussi une différence de rendement mécanique, puisque la tension croît plus rapidement que la température. L'effet centrifuge augmente progressivement, dépasse de nouveau l'effet centripète et éloigne le mobile du foyer. Puis, le cycle recommence. Le rendement mécanique de la chaleur décroît plus rapidement que la température, le mobile se rapproche du centre moteur.

Comme les deux énergies adverses sont équivalentes, ces différences de rendement mécanique doivent se compenser après un certain temps, et ramener le mobile à la distance du foyer où il se trouvait au moment de l'équivalence antérieure. La courbe de gravitation se trouve ainsi fermée et la révolution complète. En thermodynamique céleste, on pourrait donc définir l'année : le temps nécessaire à l'équivalence mécanique de la chaleur et de l'attraction.

Ces différences d'effets moteurs se composent avec la force vive du mobile et engendrent une trajectoire elliptique.

Puisque une masse quelconque emmagasine une quantité de chaleur en rapport avec sa cha-

leur spécifique, puisque, d'autre part, la pression thermique ou force centrifuge est en raison directe de cette quantité, nous pouvons énoncer cete loi :

L'ellipse de révolution d'un mobile céleste est d'autant plus allongée que sa chaleur spécifique est plus grande.

Voici une image familière de la gravitation elliptique des astres. Si dans un vélodrome, en forme de cuvette conique, un coureur augmente et diminue tour à tour la force motrice de sa motocyclette, de manière à ce que les variations successives et de sens contraire l'amènent à son point de départ après chaque évolution, il monte et descend tour à tour la pente de la cuvette, il décrit une orbite dont le plan est oblique à l'axe du cône. Son mouvement est soumis aux lois de Kepler, si on le rapporte au point où le plan de l'orbite coupe cet axe. Il parcourt selon les variations de la puissance motrice, toutes les courbes de section conique que lui permettent les limites de l'énergie dont il dispose et la surface sur laquelle il évolue. La pente de la surface latérale du cône représente l'attraction, et l'énergie motrice, la chaleur solaire.

L'expérience nous révèle d'ailleurs ces variations de la chaleur solaire et de l'attraction. La plus haute température moyenne de la terre n'arrive pas au périgée, mais un mois après, et, pour chaque hémisphère, non au solstice d'été, mais également un mois après, du 24 juillet au 26 août pour l'hémisphère boréal. Le calorique s'accumule dans les profondeurs des océans et

s'y conserve assez longtemps pour être transporté à de grandes distances par les courants.

Le passage d'un excès à l'autre, l'oscillation, nous apparaît ainsi avec l'ondulation comme un des phénomènes les plus généraux de l'énergétique céleste. La première amène l'harmonie et la régularité relative des mouvements, la seconde est l'essence même de tout phénomène intercosmique, de la chaleur, de la lumière et probablement aussi de l'attraction.

Par une simple déduction mathématique, nous tirons de la seconde loi de Kepler le rapport suivant :

Le produit des temps par la chaleur reçue est constant.

En effet, les cercles et les secteurs de cercle de même angle au centre sont entre eux comme les carrés des rayons, et les secteurs elliptiques comme les carrés des rayons moyens. De la loi de Képler ; *les aires décrites par le rayon vecteur sont proportionnelles aux temps employés à les décrire,* ou $\frac{t}{t'} = \frac{\pi R^2 n}{\pi R'^2 n}$ (1) nous pouvons tirer $\frac{t}{t'} = \frac{R^2}{R'^2}$.

Or, la chaleur est précisément en raison inverse des carrés des rayons. $\frac{C}{C'} = \frac{R'^2}{R^2}$.

En comparant les égalités, nous obtenons $\frac{t}{t'} = \frac{C'}{C.}$ ou $tc = t'c'$ qu'on peut formuler :

(1) n = nombre de degrès du secteur.

Les temps sont inversement proportionnels à la chaleur reçue pendant l'unité de temps, ou: *Le produit de la chaleur que reçoit une planète décrivant une partie de son orbite par le temps qu'elle met à la décrire, est constant.*

La chaleur reçue dépend donc uniquement de l'aire décrite par le rayon vecteur du mobile. L'augmentation ou la diminution qui résulte de la distance est exactement compensée par le temps plus ou moins long que la planète met à décrire le même angle.

Ainsi, en tirant à la lumière de cette hypothèse les conséquences des lois de Kepler, nous aboutissons naturellement au théorème de Herschell :

« *La quantité de chaleur que la terre reçoit du soleil pendant qu'elle parcourt une partie quelconque de son orbite est proportionnelle à l'angle décrit autour du centre du soleil.* »

Il est ainsi facile de remarquer pourquoi la loi de Kepler mesure les variations des aires décrites par le rayon vecteur d'une même planète, et non les rapports des aires décrites par les rayons vecteurs de deux planètes différentes. Une même planète présente toujours la même surface à la chaleur et la même masse à l'attraction, tandis que ces facteurs varient avec les différents mobiles. En d'autres termes, les variations du mouvement du même transformateur, et celles de la chaleur qu'il reçoit sont équivalentes.

On peut même donner à la loi précédente une portée plus générale. L'attraction augmente et

diminue dans le même rapport que la chaleur et, par suite : *Le produit de la somme des énergies motrices (attraction et chaleur), par le temps employé à décrire le même angle est constant.*

Il y a également une relation simple entre la chaleur reçue par les planètes et leurs vitesses.

La chaleur reçue sur une même surface par les différentes planètes est en raison directe de la quatrième puissance de la vitesse moyenne.

Cette loi peut encore se traduire de la manière suivante :

La chaleur dépensée, sur une même surface, par une révolution complète, est en raison inverse de la racine carrée du rayon vecteur moyen.

Ainsi, la chaleur reçue par la terre pendant sa révolution étant représentée par 1, celle captée par Mars sur une même surface pendant une révolution complète est $\frac{1}{\sqrt{1,5}}$ et celle de Jupiter $\frac{1}{\sqrt{5,2}}$.

On peut appeler cette quantité de chaleur, *énergie de gravitation* ou *énergie spécifique*, elle est l'indice de la planète.

En effet, l'énergie de gravitation d'une même planète ne varie pas avec la distance au foyer, puisque cette planète est soumise à la loi de Kepler et au théorème de Herschell. Si les planètes n'ont pas la même énergie de gravitation, cela ne peut provenir que d'une différence de transformation, puisqu'elles participent toutes

à la chaleur du *même* foyer. Une plus faible énergie de gravitation est donc l'indice d'un meilleur rendement mécanique ou d'une moindre résistance au mouvement (1).

Une dernière relation résume les précédentes :

La vitesse moyenne d'une planète est exprimée par le même nombre que son énergie de gravitation.

(1) Il est intéressant de rapprocher cette loi du principe de Carnot sur le rendement théorique maximum. D'après ce principe, les moteurs lents qui fonctionnent très près de l'équilibre ont le meilleur rendement. Les planètes sont des machines thermiques plus ou moins rapides et, par suite, ont chacune un rendement spécifique. Puisque l'énergie de gravitation est en raison inverse de la racine carrée de la distance au foyer, $\frac{1}{\sqrt{D}}$, le rendement croît à mesure que cette distance augmente et que la chaleur reçue diminue, la machine se rapproche ainsi de l'équilibre et de la réversibilité, mais le rendement thermique est toujours compensé par le temps. Une planète à rendement double d'une autre met un temps double à effectuer le même parcours. Neptune, par exemple, pour dépenser la même quantité de chaleur que la terre sur l'unité de surface, fait un trajet 165 fois plus long et, de ce fait, a un rendement 165 fois plus grand, si nous le rapportons à la même masse, mais elle met 165 ans.

Le tableau suivant est une nouvelle preuve de la gravitation thermodynamique.

Planètes	Rendement mécanique ou trajet parcouru pour même quantité de chaleur	Durée de révolution
Mercure	0,24	0,24 ou 88 jours
Vénus	0,61	0,61 ou 225 jours
La Terre	1	1
Mars	1,9	1,9
Jupiter	11,9	11,9
Saturne	29,5	29,5
Uranus	84	84
Neptune	165	165

Ainsi le quotient du rendement thermique des planètes par leur temps de révolution est constant.

Ainsi la vitesse moyenne de Saturne étant 0,32 relativement à celle de la terre, son énergie de gravitation est 0,32 de l'énergie terrestre. On peut encore énoncer cette loi sous cette forme :

Le quotient de l'énergie de gravitation d'une planète par sa vitesse est un nombre constant pour toutes les planètes.

Ces rapports thermodynamiques sont en parfait accord avec l'invariabilité des moyens planétaires et la permanence du temps de révolution. D'après les lois précédentes, ces éléments sont liés au rayon vecteur comme l'énergie de gravitation.

Les équations précédentes nous donnent des relations numériques intéressantes entre la puissance motrice et les mouvements des mobiles, mais nous connaîtrons de plus près les rapports mécaniques de la chaleur et de l'attraction, si nous nous rappelons que la force centrifuge correspond à une transformation d'énergie. Nous nous rapprocherons ainsi du point de vue newtonien pour découvrir l'origine de son erreur.

Nous avons déjà constaté que la force centrifuge engendre, par son opposition avec la centripète, une énergie interne évidemment empruntée à la force vive du mobile. Comme cette énergie ne peut retourner immédiatement sous la forme mécanique, la force centrifuge détruit la puissance motrice. Les effets de cette transformation peuvent en quelque sorte être constatés par l'expérience. Par suite de la rota-

tion terrestre, l'accélération de la pesanteur diminue d'environ 1/289 de sa valeur, ce qui correspond à la relation $\frac{v2}{r}$ (le quotient du carré de la vitesse par le rayon équatorial.

Or, le même rapport $\frac{v2}{r}$, v représentant la vitesse d'une planète et r sa distance au soleil, mesure précisément sur chaque mobile céleste l'intensité du couple thermo-attractif.

Et voilà l'origine de l'illusion newtonienne. Newton n'a pas vu qu'il n'émane pas seulement de la masse centrale une force, mais deux dont les actions s'opposent incessamment. La puissance centrifuge correspond bien sur chaque mobile à la centripète, mais, dans cette opposition, les deux énergies se dépensent sans relâche, se transforment en chaleur. A la disparition d'une certaine quantité d'énergie gravifique, correspond la création d'une égale quantité de force vive. J'ai en effet, montré ailleurs que toute énergie est actuelle. Le potentiel signifie simplement une possibilité de transformation. L'une et l'autre doivent donc puiser la quantité perdue à la même source. L'attraction est régénérée par la masse solaire, la chaleur provient du même centre, selon la même loi.

En résumé, la chaleur émanée du foyer se convertit en énergie mécanique et engendre la force vive, la lutte de cette dernière avec l'attraction, réduit l'une et l'autre en chaleur. Enfin celle-ci, selon toute vraisemblance, revient sur les masses pour alimenter leur puissance dans le mécanisme des choses. Tel est le cycle que

l'énergie parcourt incessamment sans en trouver le terme.

La gravitation, et en général tout mouvement curviligne, correspond donc à une transformation d'énergie. Newton et beaucoup de ses successeurs ne pouvaient guère le constater à leur époque, mais leur erreur n'en reste pas moins grossière, car leur système est en contradiction évidente avec l'expérience la plus élémentaire.

Ces relations suffisent à montrer que les lois qui régissent le jeu de l'énergie dans le mécanisme solaire sont simples et générales.

Les lois de Képler et les précédentes expriment les mêmes rapports numériques, mais elles ne nous présentent pas l'univers sous le même aspect. A mesure que le Cosmos se laisse pénétrer, il se prête à des interprétations nouvelles qui, souvent, au lieu de contredire les anciennes, les éclairent et les complètent. Ce sont des perspectives de plus en plus exactes, des étapes vers la vérité, c'est-à-dire vers la limite où nous tendrons sans cesse sans jamais l'atteindre.

XXIII

Température des planètes
Base d'un nouveau calcul des masses

Si la chaleur résulte de l'arrêt du mouvement ondulatoire sur notre globe, il faut considérer les planètes comme des enceintes chaudes relativement aux espaces intercosmiques. La température d'une planète n'est pas toujours en

raison inverse du carré des distances au foyer. Ce rapport s'applique à la somme de calorique reçue, à la quantité de travail produit et non à la température de l'enceinte, comme beaucoup pourraient le croire.

Pour distinguer la température de la quantité de chaleur, recourons à une comparaison.

Supposons deux foyers donnant la même somme de calorique appliqués à deux machines thermiques identiques, l'une, A, devant mouvoir un poids, P, et l'autre B, devant déplacer un poids double 2P. La machine B se mettra en mouvement la dernière, et la température de sa chaudière dépassera celle de la chaudière A, parce que la vapeur atteindra une plus haute tension avant de déplacer le piston, qui offre évidemment plus de résistance dans la machine B. Ainsi, tout en fournissant le même travail, la même somme de chaleur peut donner des températures et des vitesses différentes.

Dans la théorie thermodynamique, les planètes sont considérées comme des enceintes fermées par l'élasticité de l'éther, la température y est donc proportionnelle, non seulement à la chaleur reçue, mais aussi à la résistance mécanique de la planète. Comme dans un bassin alimenté par une source, l'eau monte jusqu'à ce qu'elle s'écoule par le trop-plein, de même la température croît sur les planètes jusqu'au moment où la chaleur se fraie un passage à travers la résistance mécanique. Dès lors, commence la transformation en travail. La température reste constante, car le surplus de chaleur s'écoule incessamment par cette sortie.

Le calorique s'accumule donc sur les surfaces planétaires jusqu'au moment où il atteint la tension nécessaire au travail mécanique. La pression qui engendre le mouvement, et, par suite, la température du mobile sont en raison directe de la résistance qu'éprouve ce mouvement.

Il me semble entendre ici une objection : « Que faites-vous de la chaleur qui se perd par rayonnement ? »

Il est facile de répondre que la chaleur ne se perd pas. Nous disons qu'elle rayonne comme les Anciens disaient : « La nature a horreur du vide ». La chaleur se convertit toujours en énergie mécanique ; nous appelons rayonnement une transformation dont nous ignorons le processus. Cette théorie a précisément pour but de montrer qu'une partie de l'énergie engendrée par le rayonnement entretient la gravitation. On ne peut donc expliquer la disparition de chaleur que par une production de travail. Ce travail s'opère sous des températures différentes sur les diverses planètes, qui sont autant de transformateurs distincts.

C'est d'ailleurs un fait d'expérience. Quand on mesure la densité d'une vapeur à diverses températures, et sous des pressions qu'on fait croître de façon que la tension soit toujours la tension maxima qui correspond à chaque température, on obtient des densités qui vont en croissant. Or, par l'analyse spectrale, non seulement on a pu constater la présence de la vapeur d'eau sur la planète Vénus, mais aussi mesurer sa réfraction et, par suite, sa densité.

Elle est double de celle de l'atmosphère terrestre.

Si la température des mobiles solaires dépend, et de leur distance au soleil et de leur résistance mécanique, elle se trouve intimement liée avec leur masse, puisque l'inertie est l'élément fondamental de cette résistance. Mais nous ne pouvons pas ici reconnaître comme valable le calcul des masses par le procédé newtonien. Nous espérons que le système thermodynamique fournira un jour une nouvelle base à l'évaluation des masses planétaires.

XXIV

Gravitation des comètes

Capacité calorifique de l'hydrogène

Nous avons déjà indiqué quelques-unes des causes qui peuvent faire varier le rendement de l'énergie solaire à la surface des planètes : la distance, la capacité thermique et l'inclinaison des axes, mais cette dernière cause ne peut intervenir que si le mobile céleste conserve sa rigidité et une forme relativement sphérique. Or, les masses gazeuses, diffuses et presque indéterminées se déforment sans cesse sous l'influence de la température et de la vitesse, leurs limites géométriques varient à l'infini.

C'est ici qu'intervient l'hypothèse des densités, dont nous avons déjà parlé à propos de l'équivalence mécanique. L'examen du système solaire conduit à la conviction qu'un ordre a

présidé aux distances. Il serait prématuré de vouloir en rechercher la loi, car des causes très diverses, les satellites, par exemple, peuvent l'influencer. Cependant, la densité, ou plutôt le rapport de la masse à la surface externe, rapport qui est voisin de la densité, semble y jouer un rôle prépondérant.

Comme, à distances égales, l'attraction est en raison directe de la masse, l'impulsion thermique en raison directe de la surface externe, toutes choses égales d'ailleurs, un mobile céleste tend à se rapprocher d'autant plus du foyer qu'il présente une plus grande masse sous une moindre surface externe.

Cette remarque jette une certaine lumière sur la gravitation des comètes. La chaleur provoque sur ces astres des variations énormes de volume et, par conséquent, de fortes différences de pression thermique. Ces traînées gazeuses, condensées par les froids interplanétaires, reçoivent d'autant moins de chaleur qu'elles sont plus éloignées du foyer et présentent, par suite de leur diminution de volume, une surface externe plus restreinte. Comme la masse reste invariable, l'attraction l'emporte sur la pression thermique et rapproche le mobile du foyer. La comète recommence alors à se dilater et reçoit, en raison de son volume et de sa proximité du soleil, une puissante énergie motrice qui communique à sa faible masse une grande vitesse et tend à l'écarter de nouveau. A mesure qu'elle s'éloigne, la comète se condense et recommence le cycle de ses variations.

On peut donner une faible image de ce genre

de gravitation. Supposez un ballon plein d'air chaud et amarré de telle sorte qu'il puisse résister aux courants de l'atmosphère et retomber à son point de départ après le refroidissement. Si le foyer qui a dilaté l'air demeure en permanence, il rendra à l'aérostat sa force ascensionnelle et le renverra dans les hautes régions de l'air. La chaleur et le refroidissement engendreront ainsi un mouvement continuel, une sorte de gravitation thermodynamique. Cette comparaison est fort imparfaite, mais elle peut néanmoins faciliter la compréhension des mouvements célestes sous l'influence de la chaleur.

La cause fondamentale de l'excentricité des orbites cométaires se réduit en définitive à l'équivalence mécanique. Nous avons déjà remarqué que la chaleur et l'attraction marquent une différence notable de rendement mécanique dans le temps. L'attraction se transforme immédiatement en énergie cinétique, tandis que la chaleur s'accumule sur le mobile avant d'atteindre un rendement équivalent. Mais, dès lors, son effet croît plus rapidement que celui de sa rivale et la force centrifuge devient prépondérante. L'excentricité de l'ellipse se mesure ainsi à la capacité thermique ou chaleur spécifique de la planète.

Or, d'après les données de l'analyse spectrale, les comètes sont surtout constituées d'hydrogène (1). Ces astres possèdent ainsi, sous

(1) Des observations comparatives faites sur les sources de lumières terrestres, ont montré l'identité des bandes du spectre cométaire avec celles du spectre des hydrocarbures, probablement de celui en lequel ils se résolvent tous par l'action de la chaleur, l'acétylène.

une faible masse une capacité thermique considérable, puisque la chaleur spécifique de l'hydrogène est 3,41, de beaucoup supérieure à celle de l'eau. A égalité de masse, les comètes mettent plus de temps que les planètes à absorber la chaleur et plus de temps à la rendre. La chaleur et l'attraction marquent chez elles une plus grande différence de rendement. Lorsque, à l'aphélie, l'énergie thermique de la comète est épuisée, l'attraction se traduit rapidement en énergie cinétique de chute, avant que la chaleur se soit accumulée au point d'équilibrer sa rivale. Si l'on rapproche ce fait des variations de volume, on pourra se représenter la quantité de chaleur qu'emmagasine une comète en passant au périhélie.

Les calculs de Roche ont montré que la masse des comètes est loin d'être négligeable comme le croyaient Babinet, Faye et Wolf. La masse de la comète de Donati serait cinquante fois celle de l'atmosphère terrestre. La chaleur spécifique de l'hydrogène, étant douze fois celle de l'air, une comète peut devenir un vaste réservoir d'énergie solaire.

XXV

Les entraîneurs célestes

La conservation de la chaleur solaire

De même que les satellites agissent sur les planètes, ces dernières influencent à leur tour la masse du soleil. Les planètes dépensent

l'énergie qu'elles reçoivent du foyer en provoquant la résistance du fluide, mais en prenant appui sur cette résistance, elles exercent une traction sur le foyer lui-même. On pourrait les assimiler à des hélices lointaines dont l'ondulation de la chaleur serait la courroie de transmission, et l'attraction, la tige de liaison. Elles entraînent le soleil comme des hannetons qui s'envolent en spirale, entraînent le chariot de papier auxquels ils sont attachés, avec cette différence que les hannetons ne puisent pas dans le chariot leur force motrice.

Par suite des positions successives des planètes, ces tractions ne sont pas toutes de même sens, mais il peut y avoir d'un côté une plus grande somme d'influences. Ce serait l'une des causes du déplacement solaire. Il est bien difficile de déterminer en quel sens s'exerce la différence de ces énergies. On connaît les positions respectives des planètes, mais ces astres, malgré leurs masses, ne constituent qu'une partie du tourbillon presque indéfini d'astéroïdes qui peuplent les espaces interplanétaires. Le système solaire est un anneau, ou plutôt une sphère immense qui tourne autour du foyer central et dépense sa puissance motrice comme la roue, comme le volant dépense la chaleur du moteur thermique. Tout mouvement circulaire, même s'il ne rencontre aucune résistance du milieu, est par lui-même un destructeur d'énergie. Il fait entrer en lutte deux forces; l'une qui tend à écarter le mobile du centre de rotation et l'autre qui l'y maintient. Même dans l'hypothèse irréalisable d'un volant soustrait à la pesan-

teur, et tournant dans un milieu sans résistance sur un essieu sans frottement, on aurait une dépense d'énergie, parce que la force vive, dirigée selon la tangente, s'oppose en ses directions successives et se détruit en partie. Si les rayons de ce volant étaient élastiques, ils se tendraient sous l'action de la force centrifuge, et cette tension entraînerait évidemment une usure de puissance motrice. Seul, le mouvement rectiligne, dans un milieu sans résistance, pourrait se concevoir sans dépense de force.

Ainsi, le tourbillon solaire est un destructeur ou plutôt un transformateur d'énergie, car, l'énergie n'est pas détruite. Cette lutte de forces opposées la régénère, comme dans nos machines, le frottement de l'axe restaure une partie du calorique qui a produit le mouvement.

Si la chaleur captée par les planètes se dépense à les mouvoir, que devient celle qui rayonne dans l'espace, dans le milieu intercosmique ?

Elle n'est pas perdue, elle dilate l'éther, et ce dernier exerce en retour sur l'astre des pressions concentriques. La chaleur solaire est ainsi une chaleur de pression. On ne peut évidemment savoir s'il y a équation parfaite entre la chaleur que l'astre rayonne et la pression que le milieu lui rend. Admettre cette équivalence, c'est reconnaître la répétition indéfinie du même phénomène et par suite la stabilité parfaite du système solaire, c'est affirmer la constance des masses, ce qui est bien problématique étant donnée la chute continuelle d'astéroïdes.

Ces considérations ne peuvent d'ailleurs

s'appliquer qu'à un système restreint comme celui du soleil, nous ne savons pas si dans l'Univers, où la multitude des systèmes est enfermée, une quantité d'énergie peut apparaître ou disparaître.

La conception de l'éther élastique est ainsi la seule qui rende compte du phénomène thermodynamique. Si toute quantité de chaleur a son équivalent mécanique, affirmer qu'elle rayonne dans le vide ou dans un milieu sans résistance, est une absurdité, car, dans le vide, ou un tel milieu, la chaleur ne peut trouver aucun équivalent. Seule, une résistance explique la transformation du calorique. Ainsi, comme la lumière, la thermodynamique céleste pose l'existence de l'éther, et confirme la valeur du postulat invoqué au début.

Pour expliquer la conservation de la chaleur solaire on n'a pas reculé devant les hypothèses les plus aventureuses. Lord Kelvin n'a-t-il pas avancé que la gravitation, en transformant en chaleur sa force mécanique, suffit à restaurer le calorique rayonné par le soleil ? La valeur de l'énergie cinétique des mobiles célestes serait ainsi infiniment plus élevée que celle de la chaleur reçue, puisque ces mobiles ne peuvent capter qu'une infime partie de la chaleur engendrée.

D'inconséquences en inconséquences, les savants modernes en arrivent à expliquer l'énergie par le mouvement, et ce qui est plus grave, une énorme quantité d'énergie par une infime quantité de mouvement. Le mouvement serait ainsi l'élément primordial, et la force, la

conséquence. A la vue d'une locomotive, lord Kelvin dirait : La machine se meut et allume le foyer, et il prendrait pour un simple d'esprit celui qui se hasarderait à soutenir que la chaleur du foyer a mis la machine en marche. La théorie cinétique où s'est aventurée la science moderne a renversé l'ordre de la causalité la plus apparente, que l'observation nous a toujours montrée de la force au mouvement. Il est vrai que le phénomène inverse se produit, l'effet revient dans la cause et les choses parcourent le même cycle sans fin. Par une heureuse anticipation, Héraclite avait déjà entrevu, dès l'origine de la philosophie grecque, la nature de cette causalité, se retrouvant sous la même forme au début et à la fin de son évolution. « L'Univers, dit-il, a été et sera toujours un feu qui se ranime et s'éteint d'après des lois déterminées. » Le mouvement régénère en tout ou en partie l'énergie motrice, mais l'expérience nous révèle que le mécanisme de ce retour est bien plus complexe et plus caché. Nous devons donc aborder l'étude du mouvement universel par le premier aspect, avant d'en venir aux autres.

L'uniformité des lois de la nature nous oblige d'étendre à l'univers entier cette sorte d'automatisme que la théorie mécanique de la chaleur nous laisse entrevoir dans la famille solaire. Si les étoiles sont des foyers ardents, des radiateurs d'énergie, il est bien difficile de leur refuser le mécanisme qui dépense cette énergie, c'est-à-dire les mobiles, planètes, comètes et astéroïdes qui constituent le volant de la ma-

chine thermique. L'univers nous apparaît ainsi comme une série d'organismes autonomes, une sorte de corps vivant qui porte en lui-même la cause de ses mouvements internes. Nous sommes fatalement amenés à chercher le principe profond et caché qui préside aux phénomènes dont les sens ne nous révèlent que les apparences grossières. L'effort, la tension, dont les stoïciens ont fait depuis bien des siècles l'élément fondamental des cops, ne serait-il pas en définitive le dernier point de vue que nous ayons sur les choses ? La chaleur pourra-t-elle un jour se ramener à la détente de la force répulsive dans un milieu élastique qui la comprime derechef ? Nous arrivons ainsi au seuil des systèmes panthéistes. Considéré à un seul instant de sa durée, l'univers se suffit à lui-même. Mais reste le mystère de l'infini du temps et de l'espace que nous ne parvenons pas à penser. Il est bien aventureux de tirer à ce sujet des conclusions générales. Chacun peut aboutir à son gré au panthéisme de Spinoza ou au théisme de Leibniz. L'état d'esprit le plus légitime est peut-être celui de Kant. Le problème de l'infini reste inaccessible à la pensée humaine ; c'est un objet de croyance plutôt que de recherche rationnelle.

XXVI

Résumé des preuves et vraisemblances de la thermodynamique céleste

En terminant ces quelques pages, il n'est peut-être pas inutile de rappeler les faits et les rapports qui militent en faveur de la théorie.

L'hypothèse a d'abord un fondement sérieux dans l'expérience puisqu'elle ne fait que généraliser, appliquer à la mécanique céleste le principe fondamental de la thermodynamique. *L'observation scientifique révèle qu'à une disparition de chaleur correspond toujours un mouvement. La chaleur n'est jamais anéantie, elle se convertit en effet mécanique.* Le travail développé est proportionnel à la quantité de calorique qui a disparu. L'énergie de la première forme trouve toujours son équivalent dans la seconde. Or, la chaleur que reçoit la terre, que reçoit toute planète, est énorme et elle disparaît, c'est-à-dire *se convertit en énergie mécanique du soir au matin.* On ne peut pas admettre que cet équivalent de l'énergie solaire reste sans influence sur le globe qui reçoit, conserve et transforme cette même énergie.

Nous savons d'autre part, que *tout déplacement, tout mouvement,* depuis celui de l'insecte le plus infime jusqu'à celui de la machine la plus puissante, *entraîne une dépense de force.* Et, malgré cette loi qui ne souffre aucune excep-

tion, on n'a pas su discerner une usure d'énergie dans la gravitation, le mouvement fondamental de l'univers. On en a fait un miracle perpétuel. On a dû supposer pour cela le vide absolu ou un milieu impondérable, sans remarquer que même dans ces hypothèses contradictoires, les astres doivent toujours subir une influence, celle de l'attraction et dépenser de l'énergie, au moins pour résister à cette contrainte. Ils effectuent un travail, puisque la pesanteur est une résistance. Il y a travail partout où il y a résistance au mouvement.

La terre, les planètes, tous les mobiles célestes, reçoivent une énergie, la chaleur solaire, et s'animent d'un mouvement autour du foyer générateur. Il semble tout naturel de considérer cette chaleur comme la cause de ce mouvement, puisque le calorique reste jusqu'ici, avec l'attraction, la puissance motrice connue qui nous parvienne du soleil. Pour entretenir la gravitation deux forces sont nécessaires, l'une pour mouvoir le mobile, l'autre pour le maintenir dans l'orbite. Chaque planète, chaque corps céleste reçoit en quantités égales ces deux forces, l'attraction et la chaleur. Pourquoi ne pas expliquer les mouvements connus par les énergies connues ?

Enfin, la *chaleur comme force motrice centrifuge s'harmonise* parfaitement avec *l'attraction comme force motrice centripète,* puisque *l'une et l'autre varient dans le même rapport, en raison inverse des carrés des distances.* Il y a toujours et partout équation parfaite entre ces deux grandes énergies solaires, par consé-

quent, à toutes les distances peut s'établir l'harmonie de gravitation. Les lois de Kepler se traduisent par des formules équivalentes dans la thermodynamique céleste. Des rapports très simples lient les variations du calorique aux variations du mouvement.

La première, celle des trajectoires elliptiques, est pleinement justifiée par l'équivalence mécanique. Le rendement de la chaleur et de l'attraction ne varie pas selon la même loi. Chacune de ces énergies marque à son tour un retard. L'accord est encore plus parfait pour la deuxième loi. Quand Newton essaya de démontrer que la propriété que possèdent les rayons vecteurs de décrire des aires égales en des temps égaux avait pour conséquence nécessaire l'existence d'une force émanée du soleil, son raisonnement restait rigoureux. Mais il se mit par la suite en contradiction avec cette première induction, quand il considéra une seule des deux énergies motrices comme provenant du soleil, car il ne pouvait pas démontrer que la seconde, la force vive des mobiles, variait *en intensité et en direction, de manière à justifier la loi des aires.* Dans cette théorie, au contraire, le soleil étant considéré comme la source des deux forces motrices, les mouvements se trouvent liés par un rapport mathématique à ce centre unique.

Enfin, la constante vitesse $= \sqrt[4]{\text{chaleur}}$, vérifiée pour tous les déplacements célestes, indique assez nettement que la dernière loi de Kepler ne perd rien de sa rigueur dans la ther-

modynamique céleste. Bien plus, elle l'éclaire, la précise, la complète. Le rapport mathématique déterminé par Kepler devient un rapport physique, mécanique qui ajoute l'élément causal à l'élément purement spatial, et donne à l'esprit une satisfaction plus profonde. Nous savons ainsi, non seulement dans quelle mesure les mobiles célestes se meuvent, mais encore comment ils se meuvent.

D'ailleurs, nous l'avons déjà remarqué, nous voyons sur la terre une des phases de la lutte entre la chaleur et la pesanteur. Cette dernière enchaîne les corps pondérables à notre planète et la chaleur tend à les mettre sans cesse en mouvement. Cet antagonisme se poursuit à l'intérieur du globe. L'eau s'infiltre peu à peu dans les couches terrestres, mais à mesure qu'elle descend, la chaleur croissante la vaporise et la refoule à la surface. Les sources thermales, les geysers, les volcans, les secousses sismiques ne sont que des manifestations plus ou moins puissantes de ces deux tendances opposées, de l'antagonisme éternel de la chaleur et de la pesanteur. Ainsi, les puissances qui meuvent les systèmes célestes se retrouvent avec les mêmes fonctions dans chaque unité du système.

Voilà pourquoi, après la découverte de l'attraction, la théorie mécanique de la chaleur est la plus vaste acquisition de la connaissance, la plus importante du dernier siècle. Carnot, Mayer, Joule peuvent prétendre à une gloire égale à celle de Newton, pour avoir définitivement démontré et mesuré l'équivalence de deux

phénomènes aussi généraux, et aussi sensiblement différents, que la chaleur et l'énergie mécanique. La loi qu'ils ont formulée est susceptible d'une généralisation aussi vaste que celle de l'attraction, puisque la lumière, le phénomène corrélatif de la chaleur, nous parvient de distances où l'imagination n'ose même plus pénétrer, et nous laisse supposer que partout l'énergie thermique préside aux mouvements sidéraux.

XXVII

Indications sommaires sur la vérification future de l'hypothèse

Comme toutes les hypothèses, la gravitation thermodynamique ne pourra entrer dans la science que par la voie de l'expérience ; mais avant que la mécanique céleste devienne la thermodynamique céleste, il faudra compter les années au moins par dizaines, peut-être par centaines.

Toutefois, on peut déjà donner quelques indications aux analystes qui pourraient un jour diriger leurs recherches dans cette voie et trouver une base expérimentale à la théorie.

Les rapports et les vraisemblances que nous venons de citer constituent déjà un commencement de vérification, puisque vérifier une hypothèse consiste précisément à montrer que tous les phénomènes s'expliquent par elle. Mais

ces premières constatations ne forment qu'une ébauche encore bien vague de démonstration scientifique.

La loi des aires indique une corrélation étroite entre les mouvements et la chaleur reçue, une observation précise pourrait peut-être lier plus intimement les changements de ces deux phénomènes. Elle devrait pour cela s'attacher à montrer qu'à toute variation du rayonnement, en correspond une du mouvement, équivalente en durée et en intensité.

Les taches solaires plus ou moins périodiques ne provoquent-elles aucun trouble dans la translation et les orbites des mobiles célestes ? Il ne faudrait cependant pas oublier que ces perturbations passagères, si elles existent, ne modifient pas nécessairement la durée de la révolution. Un surcroît de chaleur éloigne le mobile du foyer, il accélère tour à tour et retarde le mouvement. L'accommodation s'établit d'une manière automatique. Le temps de révolution dépend à la fois de la chaleur totale rayonnée par le soleil, pendant que le satellite effectue un circuit complet, et de la masse de ce dernier. Mais il serait néanmoins intéressant d'étudier les conséquences passagères des variations de la chaleur solaire sur les mouvements et les trajectoires.

Les travaux de Meldrum semblent prouver que le nombre des cyclones et la quantité de pluie ont sur notre globe la même périodicité que les taches solaires. Reste à chercher quelle influence ont ces dernières sur les mouvements du globe. Si vraiment le travail de condensation

des vapeurs contribue à la gravitation, ce surcroît de chaleur doit provoquer, dans la translation de la planète, des irrégularités et des oscillations que des observations minutieuses parviendraient peut-être à manifester.

L'étude des comètes sera sur ce point féconde en enseignements. En raison de leur masse infiime et de leur volume considérable, ces astres sont très sensibles à la chaleur. L'apparition d'une tache solaire peut avoir sur leurs trajectoires une répercussion d'autant plus appréciable qu'ils sont plus voisins du périhélie. Mais c'est surtout l'analyse spectrale qui sera ici d'un précieux secours. Par elle, on pourra confirmer ou renverser la première loi énoncée sur la gravitation : L'ellipse de révolution d'un mobile céleste est d'autant plus allongée que la chaleur spécifique de ce mobile est plus grande. On sait que l'hydrogène a la plus forte de toutes les capacités thermiques. Il faudrait chercher par l'observation des spectres à établir des rapports entre l'orbite d'une comète et sa teneur en hydrogène. On pourrait d'ailleurs préciser les résultats en faisant intervenir la chaleur spécifique des autres gaz que l'astre renferme. La solution du problème serait fort avancée si l'on parvenait à montrer que les comètes à trajectoire elliptique sont les plus riches en hydrogène, que celles qui se meuvent sur une parabole le sont moins, et qu'enfin les comètes à hyperbole sont les plus pauvres. Ces dernières, de faible capacité thermique, ne peuvent pas supporter longtemps le voisinage du soleil et acquérir l'énergie ther-

mique nécessaire pour fermer leur orbite. Leur gravitation n'est qu'un va-et-vient comparable à l'oscillation d'un balancier.

L'observation des éclipses sera une autre source de preuves. Si la thermodynamique régit les mouvements célestes, un satellite ne peut être privé de chaleur sans que sa trajectoire en subisse une légère déviation. La fréquence, la durée des éclipses des satellites appartenant à une même planète, ou même à des planètes différentes, fourniront peut-être des indications précieuses. On peut employer ici tous les procédés scientifiques : tables de présence, d'absence, de différences et de variations concomitantes. Les données les plus précises seront évidemment tirées des éclipses de lune dont la proximité facilite l'observation. Les satellites de Jupiter, qui ont si heureusement fourni l'occasion de mesurer la vitesse de la lumière, donneront-ils à la théorie thermodynamique de précieux renseignements ? Comme la fréquence et la durée de leurs éclipses sont différentes, elles peuvent susciter des comparaisons intéressantes.

Il ne faut pas oublier que l'influence de l'occultation sur le mouvement peut être fort légère, et ne devenir sensible qu'après un certain temps, étant données la vitesse acquise et les forces multiples qui s'exercent sur le mobile. D'autre part, les satellites, comme les planètes, possèdent de la chaleur en réserve, chaleur qui continuerait à les mouvoir un temps, même si le foyer venait à s'éteindre subitement. Lorsque le calorique est intercepté, la gravitation

continue, non seulement en vertu de la force vive, acquise, mais aussi en vertu de la chaleur absorbée qui s'épuise en se transformant en énergie mécanique. L'influence d'une variation momentanée de chaleur peut donc être fort difficile à découvrir, et n'être mise à jour que par de multiples et minutieuses comparaisons.

Toutefois, il est peu probable que l'observation astronomique puisse dans un avenir prochain apporter beaucoup de précisions. Selon toute vraisemblance, les premières preuves seront fournies par les physiciens qui pourront reconnaître à l'aide du spectroscope la constitution des comètes, et, par suite, leur capacité thermique. Les astronomes, s'emparant alors de ces données, sauront établir des rapports entre la quantité de chaleur que ces astres ont empruntée au soleil et les trajectoires qu'ils décrivent. Les météorologistes pourront aussi apporter leur contingent en ce qui concerne notre planète. Les données comparées du baromètre, du thermomètre, du pluviomètre, de l'hygromètre et des instruments spéciaux destinés à évaluer la chaleur solaire, permettront de mesurer approximativement l'énergie thermique transformée en travail sur une surface donnée du globe. Il ne restera plus à l'astronomie mathématique qu'à chercher si les oscillations régulières ou irrégulières de la masse terrestre ne sont pas en corrélaton étroite avec cette activité thermodynamique. Les jours de ces investigations sont encore lointains, mais ils viendront. Je ne doute pas plus de cette hypothèse que Copernic ne doutait de la gravitation héliocentrique des planètes.

Il serait d'ailleurs prématuré de vouloir expliquer à la lumière de cette théorie tous les mouvements célestes, même les plus complexes. Pareille tentative sera vaine tant que l'observation scientifique ne sera pas orientée dans ce sens. Il vaut mieux jusque là s'en tenir aux généralités qui pourraient diriger les recherches des analystes. Si la théorie parvient à s'accréditer auprès de certains d'entre eux, ils pourront lui donner peu à peu un fondement expérimental et y introduire la mesure mathématique.

Il ne reste donc qu'à saluer ceux qui feront un jour une science de cette vague théorie, et créeront la thermodynamique céleste qui sera la mécanique céleste du siècle prochain.

On a généralisé les lois de la pesanteur, on en a fait celles de l'attraction universelle, l'énergie qui relie les corps célestes à des centres communs. Comme la pesanteur, la chaleur se révèle une puissante source motrice, il est temps de généraliser ses lois et d'en faire la force compensatrice, celle qui maintient en mouvement les mobiles que l'attraction tend à concentrer. Attraction et chaleur, tel est le couple de forces qui meut l'Univers. Ce sont ces mêmes forces, la vapeur et la chute, que l'homme utilise à la surface de la terre.

Newton a dit : « Il est certain que les mouvements actuels des planètes ne peuvent provenir de la seule action de la gravitation, pour qu'elles prennent un mouvement de révolution autour du soleil, il faut qu'un bras divin les lance sur les tangentes de leurs orbites ».

On devra désormais occuper ce bras à des œuvres plus transcendantes que celle de jouer aux boules avec les planètes. L'Univers est encore mieux réglé qu'on pouvait le supposer au temps de Newton, il engendre sans cesse les deux énergies qui le meuvent.

On ne doit pas oublier que, pour comprendre la gravitation thermodynamique, le meilleur point de vue est celui qui a été indiqué dans « les Dépressions sidérales ». C'est en se représentant les corps célestes comprimés de tous côtés par les formidables pressions de l'éther élastique, qu'on pourra concevoir comment, dans cette enceinte fermée, le calorique se transforme en effet mécanique. Si dans cet opuscule j'ai renoncé momentanément à cette conception, c'est uniquement pour rapprocher la théorie des habitudes de penser actuelles, et faciliter la tâche à ceux qui sont incapables du moindre effort d'abstraction. Mais en cherchant cet effet, l'exposé a manifestement perdu de sa valeur logique et de sa clarté.

Je n'ai aucun doute sur la nature de l'énergie motrice de la gravitation, la chaleur convertie en effet mécanique. Faute de preuves suffisantes, cette certitude dérive d'une intuition que certains pourront considérer comme le fruit d'une imagination déréglée, mais cette intuition s'impose avec une telle nécessité que je n'arriverais pas à comprendre que la gravitation s'opère autrement. J'avoue franchement être moins sûr du mode de transformation. La répulsion de l'hémisphère dilaté est une hypothèse bien vague, et l'on peut parfai-

tement concevoir que la chaleur solaire puisse se convertir d'une manière différente en effet mécanique

Mais, présentement, le mode de conversion thermodynamique importe peu. Cet opuscule aura atteint son but s'il parvient seulement à déterminer la nature de l'énergie motrice.

XXVIII

Les erreurs de la théorie cinétique de la gravitation

Il n'entrait pas tout d'abord dans le but que je m'étais proposé de réfuter la théorie cinétique de la gravitation. J'éprouve une certaine répugnance à revenir incessamment sur une démonstration inutile, parce que l'erreur qu'elle tend à manifester devient évidente dès que l'on abandonne l'argument d'autorité pour s'en référer au libre examen. Mais après réflexion, je me suis décidé à indiquer, au moins brièvement, le vice de cette conception. Le lecteur se demanderait pourquoi j'avance une explication, alors qu'il en est une accréditée depuis des siècles, et quel avantage peut présenter une solution nouvelle, si l'on ne montre que le problème n'a pas été résolu.

Quand Kepler eut découvert les lois des mouvements planétaires que Copernic avait déjà rapportés à un centre commun, on éprouva le besoin d'en chercher la cause. Cette

marche de l'esprit humain dans la voie de la connaissance était bien naturelle ; si la loi exprime le rapprt de la cause à l'effet, sa découverte précède et prépare celle de la cause.

Descartes, soucieux de n'accepter comme point de départ que des idées claires et évidentes, et de maintenir la science conséquente avec elle-même, donna une première théorie déjà écartée depuis bien longtemps, mais qui reste néanmoins, malgré son insuffisance, la plus claire de toutes celles qui ont été tentées jusqu'ici, et la plus conforme aux principes fondamentaux de la connaissance. Le philosophe français, regardant comme absurde toute action à distance, expliqua la pesanteur et la circulation des planètes dans le ciel par le tournoiement en anneau de grands amas de matière subtile, entraînant la matière grossière des corps célestes.

Mais, malgré sa simplicité, cette hypothèse restait impuissante à rendre compte des mouvements des planètes, et surtout des comètes, évoluant en tous sens, sans autre règle ni discipline que les lois de Kepler.

Après l'heureuse découverte de la loi de l'attraction universelle, Newton, pressé d'aboutir à une vue systématique de l'univers, assimila les mouvements des astres à ceux des projectiles, fit de la mécanique céleste une théorie de balistique, une sorte de problème d'artillerie.

Un projectile lancé horizontalement retombe sur la terre en décrivant une courbe parabolique. En augmentant la force de projection et, par suite, la vitesse du mobile, on augmenterait

à volonté le chemin qu'il parcourt avant de tomber, on tendrait la trajectoire, on diminuerait la courbure de la parabole. L'astronome anglais et ses successeurs induisirent de ce fait que, si un projectile, lancé à la distance de la lune, avec une vitesse de 8.000 mètres par seconde, ne rencontrait aucune résistance du milieu, il ne tomberait plus. Il circulerait comme un satellite autour de notre globe. Ne pouvant aboutir par le raisonnement à cette conclusion manifestement erronée, ils crurent y parvenir par le calcul. Ce calcul restera l'exemple le plus fameux du sophisme mathématique. Pour transformer la parabole en élément de courbe fermée, ils eurent bien soin de négliger de légères différences, différences qui, intégrées, peuvent en donner de grandes. D'autre part, ils basèrent leur raisonnement sur une connaissance incomplète de la loi selon laquelle varie une trajectoire avec la vitesse.

Le vice fondamental de cette démonstration n'est pas uniquement mathématique, mais surtout mécanique, physique. Il consiste dans un usage illégitime des lois du mouvement et de la chute des corps. De même qu'en se plaçant au point de vue purement mathématique, on ne serait jamais parvenu à ruiner le système astronomique de Ptolémée, de même le sophisme newtonien resterait peut-être indiscernable, s'il n'était confronté avec l'expérience.

Il est incontestable que la lune semble tomber à chaque instant vers la terre d'une quantité approximativement égale à 0,001361, nombre qui correspond à l'accélération de la pesan-

teur terrestre à cette distance, mais nous ne savons s'il y a vraiment là une chute. Tout mouvement curviligne, obéissant aux lois de Kepler, donne l'illusion d'une chute semblable vers le foyer de la courbe. La seule conclusion qu'on puisse logiquement tirer des lois de gravitation, est que les forces compensatrices qui s'exercent sur les planètes sont équivalentes en intensité, émanent selon le même rapport du même foyer, puisqu'elles maintiennent le mobile à une distance à peu près constante.

Il est facile de montrer que les mouvements planétaires ne sont pas assimilables à ceux des projectiles, ne sont pas dus uniquement à la force vive ou énergie cinétique et à la pesanteur.

Dans cette hypothèse, la force vive centrifuge agit pendant un certain temps de manière à projeter le mobile de A en B' sur la tangente AB'.

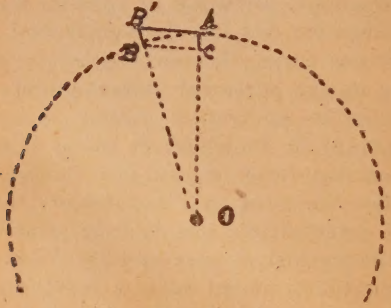


Fig. 25.

La trajectoire du mouvement résultant est l'arc AB parce que les deux énergies, la centrifuge et la centripète se composent. La seconde approche le mobile du foyer de la distance AC, pendant que la première l'écarte d'autant, de telle sorte qu'arrivée en B, la masse reste à la même distance du centre d'attraction. Dans ce mouvement, l'énergie cinétique centrifuge *effectue un travail.* Si, pendant le temps considéré, la pesanteur agissait seule, elle ferait tomber le satellite d'une quantité égale à AC. La force centrifuge se comporte donc de A en B comme si elle élevait le mobile d'une hauteur AC. Elle se transforme en énergie potentielle de valeur AC. Or, l'observation la plus générale nous révèle qu'en acquérant une certaine quantité d'énergie potentielle, une masse perd une quantité égale de force vive. En mettant en acte cette énergie potentielle dans le trajet AB, la pesanteur restaure intégralement la force vive en quantité, mais non *en direction.*

La force vive ou énergie cinétique, comme toutes les forces étudiées en mécanique, se mesure non seulement en intensité, mais aussi en *direction.* Quand l'archer lance une flèche dans les airs, l'énergie balistique de son arc se transforme en force vive dans la masse du trait, cette force vive se convertit à son tour en énergie potentielle de pesanteur, à mesure que le mobile s'élève. Si l'on fait abstraction de la résistance de l'air, quand la flèche retombe au niveau de l'archer, elle possède une force vive équivalente à la première en quantité, mais de *sens contraire.* De négative, relativement à la

pesanteur, elle est devenue positive. Ce changement de sens est définitif ; une nouvelle transformation, analogue à celle qui vient de s'opérer par l'intermédiaire de la flèche, n'est plus possible, si une nouvelle cause, comme une deuxième impulsion, ou la chute sur une élasticité, n'intervient pour changer derechef la direction de la force vive, et renvoyer la flèche dans les airs. La science de la balistique ne parviendrait pas à se constituer si elle ne distinguait, dans chaque énergie cinétique, la quantité négative ou centrifuge et la quantité positive ou centripète, quantités qui varient l'une et l'autre selon l'angle que la direction de la force vive détermine avec la verticale.

Ainsi, en allant de A en B, l'énergie cinétique centrifuge du mobile céleste s'est transformée en partie en énergie potentielle de pesanteur de valeur AC, et pendant le même temps, l'énergie potentielle est redevenue de l'énergie centripète. Grâce au travail effectué pendant le trajet AB, une certaine quantité de force vive, de négative ou centrifuge, est devenue positive ou centripète. Cette quantité équivaut au produit de la masse du mobile, de l'intensité de la pesanteur à cette distance, et du temps d'action. On la représente par la formule habituelle $1/2mv^2$, dans le cas $1/2m(gt)^2$, t désignant la durée de la chute et g l'accélération de la pesanteur.

Au deuxième temps, les conditions du mouvement sont donc changées. La force centrifuge de la masse est amoindrie, puisqu'elle est deve-

nue partiellement centripète. La chute du mobile se trouve ainsi accentuée Cette chute s'accélère incessamment, puisqu'incessamment la même conversion continue de s'opérer. Le mobile ne peut donc décrire une circonférence ou une ellipse, il décrit une parabole ou une spirale selon la quantité de force vive centrifuge. La vitesse initiale ne change rien au fait ; la chute parabolique est la conséquence inévitable de la conversion de l'énergie de centrifuge en centripète.

Les esprits sont si divers qu'ils ne se prêtent pas tous à la même démonstration ; présentons la même difficulté sous une autre forme, peut-être plus claire et plus complète.

Si la pesanteur agit seule, la masse planétaire tombe de A en A', si, au contraire, la force

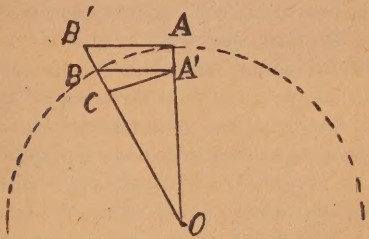


Fig. 26.

vive est sans rivale, selon le raisonnement newtonien, elle projette le mobile de A en B' ; l'action combinée des deux énergies le maintient en B. En menant par le point A' une parallèle à la corde de l'arc AB, nous déterminons sur

OB' le point C qui peut servir à comparer les distances des points A' et B' au centre O. Or, il est aisé de voir que l'une et l'autre des énergies adverses ont simultanément effectué un travail. La force divergente a élevé la masse de C en B, et vaincu la pesanteur pendant le trajet CB ; cette dernière a rapproché la même masse de B' en B et vaincu sa rivale pendant le trajet B'B. Or, qui dit travail dit transformation d'énergie. L'énergie de gravité découle incessamment de la masse. Cette source restaure la quantité absorbée par le travail comme le torrent remplace l'eau sur la roue hydraulique. Mais la force vive, $1/2mv^2$, est une quantité d'énergie limitée ; elle n'est plus en rapport avec sa source, l'impulsion initiale, évidemment supposée disparue depuis les origines cosmogoniques. La partie transformée par le travail n'est plus remplacée. C'est un réservoir qui se vide, un accumulateur qui se décharge. Il doit donc arriver un temps où, complètement tarie, elle laisse son adversaire agir seule sur le mobile et déterminer la chute.

Ainsi, c'est par des considérations mécaniques, plutôt que mathématiques, qu'on peut mettre en évidence le sophisme newtonien. Les mathématiques se prêtent à toutes les complaisances. Il est facile de diviser une courbe en quantités infinitésimales, de supprimer de légères différences et de multiplier par un certain facteur pour retrouver une courbe différente, mais si l'on se rapporte aux variations expérimentales du mouvement des projectiles, on ne voit pas comment on peut, même à l'aide

d'une inconcevable puissance balistique, transformer une parabole en un élément de courbe fermée. La trajectoire circulaire ou elliptique est une limite qu'une variation de parabole ne peut jamais atteindre. Le calcul newtonien repose sur une connaissance incomplète de la loi selon laquelle se modifie une trajectoire avec la vitesse, loi qu'il est impossible, à cause de la résistance de l'air et des faibles puissances balistiques dont nous disposons, de déterminer expérimentalement avec précision.

Voici le côté mécanique, en quelque sorte philosophique de la question, mais on aboutit à la même conséquence en se plaçant au point de vue physique. L'induction newtonienne est en contradiction manifeste avec les lois de la chute des corps. Un projectile, quelle que soit sa vitesse, est soumis à la deuxième et à la troisième de ces lois, ou lois des espaces et des vitesses. En remarquant que la lune tombe à chaque instant vers la terre de la même quantité, le philosophe anglais aurait dû reconnaître que ce mouvement n'est pas seulement une chute, puisqu'il ne s'accélère pas selon les mêmes lois que les chutes terrestres. Il est impossible de décomposer une chute en une série d'instants équivalents, car « les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps, et les vitesses acquises proportionnelles aux temps ». Si l'on applique ces lois à un projectile doué de n'importe quelle vitesse autour d'un centre d'attraction, on ne trouve pas comme trajectoire une courbe fermée, mais

une parabole. Il est même impossible d'obtenir un circuit fermé en regardant la chute comme s'opérant de la même tangente, hypothèse qui se révèle absurde dès qu'on en poursuit quelques instants l'examen, puisqu'au bout d'un certain temps, la dite tangente et la direction de la pesanteur arrivent à se trouver de même sens.

Un projectile lancé horizontalement, à la deuxième seconde de son mouvement s'éloigne de la tangente d'un espace quatre fois plus

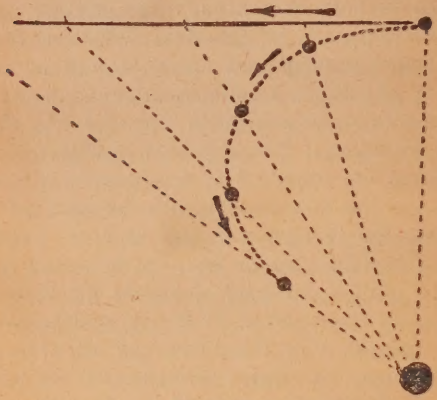


Fig. 27.

grand qu'à la première. La balistique n'a jamais constaté que la vitesse puisse modifier ce rapport. La balle blindée qui fait 800 mètres à la seconde suit cette loi comme le caillou lancé par une main d'enfant.

De toute façon, en appliquant les lois de la

chute des corps à un projectile se mouvant autour d'un centre d'attraction, on ne trouve jamais une trajectoire fermée, mais une spirale, une parabole ou une hyperbole, selon la force vive du mobile.

Les faits eux-mêmes révèlent d'ailleurs le vice d'une pareille théorie. La force vive est impuissante à entretenir indéfiniment la rotation des planètes sans l'intervention d'une énergie constante qui la renouvelle sans cesse. Le mouvement de rotation développe en effet de la force centrifuge, dilate le sphéroïde, le renfle à l'équateur, tend à dissocier les molécules, et, par suite, effectue un travail, se transforme en énergie potentielle de cohésion. Cette énergie se traduit probablement sous la forme de chaleur à l'intérieur du mobile, mais est toujours empruntée à la force vive de rotation. Cette chaleur qui résulte de l'antagonisme de la force centrifuge et de la cohésion matérielle, se dissipe dans l'espace sous forme mécanique où thermique, on ne voit pas comment elle pourrait redevenir force vive à l'intérieur du mobile. En opérant un travail dans la masse en mouvement, la rotation est donc, par sa nature même, éphémère, destinée à finir d'autant plus rapidement que la force vive, dont elle est douée, est plus faible.

Ce travail, qui absorbe à chaque instant une certaine quantité d'énergie cinétique, se répète dans toute translation curviligne, puisque dans ce mouvement comme dans la rotation, la force centrifuge et la pesanteur tendent à écarter, à dissocier les unités élémentaires. Tout mou-

vement curviligne doit donc, pour durer, puiser à une autre source d'énergie que la force vive du mobile.

L'attraction elle-même travaille à l'intérieur des corps. Si, grâce à la cohésion, on peut appliquer la résultante générale au centre de gravité, la force n'en agit pas moins réellement sur chaque molécule, et, par suite, opère un travail mécanique en luttant contre la cohésion. L'attraction n'est pas une sorte de qualité occulte, mais une énergie qui se dépense et doit être entretenue par l'activité interne de la matière. L'attraction, ainsi que le frottement et le choc, est une source de chaleur. Quelques physiciens ont même expliqué par ce travail interne l'entretien de la chaleur solaire, sans remarquer qu'ils tombaient ainsi sur un nouvel écueil, car il fallait rendre compte à son tour de la permanence de l'attraction dont une partie se transforme en chaleur. Il est impossible de poursuivre l'examen d'un phénomène naturel sans découvrir une dépense d'énergie, ou plutôt le passage continu d'une énergie à l'autre.

Certains faits, comme les perturbations, ne sont pas moins significatifs à ce sujet. Lorsqu'un mobile céleste est troublé dans son mouvement par l'attraction d'une planète voisine, sa vitesse se retrouve parfois considérablement affaiblie. Cette perturbation entraîne une perte de force vive, puisque celle-ci, étant en fonction de la masse et de la vitesse, la vitesse a diminué et la masse n'a pas varié. Cette perte devient très sensible pour les comètes dont la

masse est minime, mais elle n'est que passagère. Dès que la comète parvient à se soustraire à la cause perturbatrice, elle retrouve peu à peu la vitesse qui, selon les lois de Kepler, correspond à l'arc de trajectoire qu'elle décrit. Si pareil fait ne se produisait que dans le mouvement vers le périhélie, on pourrait croire que cette restauration de force vive est équivalente au potentiel de pesanteur perdu par le mobile, mais il se produit également dans la marche de l'astre vers l'aphélie. Il faut donc qu'il existe, indépendamment de l'attraction, une énergie qui contribue à renouveler la force vive des corps célestes, sinon cette dernière, après avoir diminué, ne pourrait augmenter de nouveau tout en éloignant les mobiles du foyer central.

Les masses des planètes et des satellites perdent encore une force vive considérable sous un autre rapport en agissant les unes sur les autres. Les marées, non seulement les marées océaniques, mais aussi les marées terrestres et atmosphériques, dont l'existence reste hors de doute, dégagent de la chaleur. Comme tous les mouvements, l'aller et le retour des marées se réduit même intégralement sous forme de chaleur. Or, qui dit chaleur, dit perte de force vive. On ne peut soutenir sérieusement que, si elle n'était restaurée par aucune énergie, la force vive lunaire ne se trouverait pas amoindrie, après avoir remué pendant des siècles les masses fluides de notre globe.

Un pareil mécanisme ne peut être celui de la réalité. La ruine future d'un tel système est

d'une certitude absolue pour celui qui sait se soustraire à la contrainte de l'autorité et à la croyance héréditaire pour s'en tenir à son propre jugement. Il est impossible de délivrer les mouvements célestes de la résistance, puisque la pesanteur est une résistance. La gravitation transforme donc de l'énergie comme les déplacements terrestres. La théorie cinétique de la gravitation est aussi absurde que celles du mouvement perpétuel. Aussi je ne puis comprendre que des génies mathématiques comme Newton et Laplace aient pu tomber sincèrement dans une telle aberration. J'ai toujours pensé que les hommes illustres qui ont érigé la mécanique céleste, auxquels on doit d'ailleurs de grandes découvertes, ont voulu faire surtout une œuvre d'art, un poème, en attendant qu'on puisse découvrir les causes profondes et cachées de phénomènes qui tiennent à la constitution même des choses.

XXIX

Réflexions sur la thermodynamique céleste substituée à la mécanique céleste

Je considère cette hypothèse non comme le début de la nouvelle science, mais comme un avertissement, une occasion aux observateurs futurs qui voudront diriger leurs recherches dans cette voie. Il est inutile de commencer à établir présentement une thermodynamique céleste, elle serait écrasée sous le poids des

préjugés. L'homme pense par habitude, et il ne faut pas essayer de détruire une habitude acquise, mais d'en introduire une nouvelle dans un cerveau neuf. Les jeunes prendront peu à peu l'habitude de penser la plus rationnelle. Quoique je paraisse prétentieux aux esprits bornés, j'ose affirmer que dans un avenir plus ou moins lointain, la mécanique céleste cinétique va s'écrouler. Il ne restera de cette ruine que la loi fondamentale de l'attraction, ou plutôt du phénomène qu'on appelle attraction. Les découvertes les plus éclatantes, comme celle de Neptune, sont une confirmation de cette loi, et non de la mécanique céleste. La tentative d'enfermer l'astronomie moderne dans une théorie physique basée sur la force vive indéfiniment conservée, restera un objet de curiosité historique, comme les systèmes de Ptolémée de Logomontanus ou de Tycho-Brahé. Bien plus, les générations futures se demanderont comment l'esprit humain a pu tomber dans une telle aberration, car l'erreur des théories actuelles est bien plus grave que celle des systèmes anciens. Ces derniers étaient possibles, les faits seuls en ont révélé la fausseté, tandis que la mécanique céleste qui va trépasser est non seulement contredite par les faits, mais absurde, irrationnelle ; elle a réalisé le prodige d'avoir donné à l'absurde une valeur scientifique. Ces tentatives n'auront peut-être pas été inutiles, parce qu'elles auront donné un grand essor aux mathématiques, mais leur valeur comme théories mécaniques des systèmes célestes sera nulle. Leurs auteurs auront

exercé leur génie à épuiser les déductions d'un postulat erronné. Donnez à un architecte le talent, le génie que vous voudrez, s'il bâtit sur un radeau, quand la mer aura englouti son œuvre, le génie de l'artiste se sera dépensé en pure perte. Si l'on parvenait à établir la fausseté du postulat d'Euclide, toute la géométrie euclidienne s'écroulerait, mais ce qui différencie la géomètrie euclidienne de la mécanique céleste, c'est qu'on n'a pas ébranlé, qu'on n'ébranlera pas le postulat d'Euclide, tandis que l'erreur du postulat de l'astronomie physique n'a même pas à être démontrée, elle est évidente.

La mécanique céleste est basée sur un principe, celui de l'attraction, qu'on ne saurait mettre en doute parce qu'il est confirmé par l'expérience la plus générale, et un postulat par lequel on considère les corps célestes comme des masses inertes douées d'une force vive initiale, et gravitant *indéfiniment* autour d'un centre d'attraction en vertu de cette force vive. Ce postulat est malheureusement l'erreur la plus profonde qui ait jamais habité l'esprit humain. Même en supposant que ces projectiles éternels se meuvent dans le vide absolu, affirmer qu'ils résistent sans dépense d'énergie à l'action de la pesanteur, c'est aller contre tous les principes de mécanique, contre toute évidence. Il est d'ailleurs oiseux de revenir ici sur une démonstration qui tend à révéler un égarement très clair pour un esprit normal. La responsabilité de cette erreur retombe pour une bonne part sur les mathématiciens, qui ont apporté à l'ap-

pui de la théorie un calcul faux sur la limite des trajectoires des projectiles, et sur les physiciens qui ont assimilé les mouvements célestes à ceux des gyroscopes, et tiré des conclusions de vagues et lointaines analogies. On arrive difficilement à concevoir comment des théoriciens se sont évertués pendant deux siècles à édifier, à grands frais de formules, de vastes systèmes de mécanique céleste sur une naïveté qui n'a pas de nom dans les langues humaines. Ils avaient des données certaines, des trajectoires, des vitesses, des variations mesurées au cours des siècles et fixées en des tables, phénomènes si bien déterminés que les occultations et les éclipses peuvent être prédites avec une grande rigueur en calquant l'avenir sur le passé. Mais, au lieu de s'en tenir aux faits, l'esprit humain a toujours été pressé d'aboutir à une vue d'ensemble, à un système qui le satisfasse et lui montre le mécanisme de l'harmonie universelle. C'est ce travers si bien décrit par Kant qui a poussé à compléter l'astronomie mathématique par une théorie physique, la mécanique céleste. On a dû pour cela raccorder les faits avec le principe newtonien et le postulat des masses inertes projetées sur les tangentes des orbites. Newton n'a pas su se contenter de son éclatante découverte, et s'est le premier lancé dans cette voie où l'ont suivi un grand nombre de mathématiciens, dont Laplace, Tisserand et récemment, Henri Poincaré. Ce dernier a eu le grand mérite de montrer qu'il est impossible de donner une théorie mécanique rigoureuse des phénomènes céles-

tes, et que toute tentative de ce genre ne saurait aboutir qu'à une approximation. Les mathématiques sont les sciences des possibilités, leurs formules varient à l'infini; il ne faut donc par s'étonner, si après des efforts inouïs on est parvenu à trouver un cadre mathématique approximatif à ce fantôme de mécanique céleste. Il n'y a pas de bossu qu'un tailleur ne sache habiller s'il a de l'étoffe à volonté, or, les théoriciens avaient de l'étoffe à volonté dans le domaine sans limites du possible. Mais c'est en vain que pendant des années on a varié les séries, coulé les formules plastiques sur les mouvements célestes, ceux-ci sont restés récalcitrants, se sont obstinés à sortir des moules où l'on tentait de les enfermer. Chaque fait nouveau est venu troubler la série déjà existante, et il a fallu en chercher une nouvelle pour en rendre compte. Cette impuissance théorique est d'ailleurs ingénument avouée par ceux-là même qui croient cette science parfaite. « La plus pure d'entre elles (des applications de la mécanique), c'est la mécanique céleste, étude théorique des mouvements des astres, se corrigeant à tout instant et voyant confirmer ses résultats par l'observation des phénomènes (1). Si la mécanique céleste se corrige à tout instant, il est clair qu'elle ne peut servir à la prédiction d'un phénomène, puisque ce phénomène servira précisément à la corriger. La théorie physique ne sert donc à rien, puisque pour la prédiction des faits

(1) C. A. Laisant. Grande Encyclopédie.

célestes, on ne peut s'y fier un seul instant. On doit s'en rapporter à l'observation dont les tables minutieuses restent indispensables.

Il est à regretter que ces mécomptes n'aient pas fait entrevoir l'erreur fondamentale et amené à discuter la valeur des principes qu'on avait postulés. Des travaux prodigieux resteront à jamais inutiles, parce que les nouveaux Spinoza qui les ont édifiés, n'ont pas éprouvé la base fragile sur laquelle ils échafaudaient leurs systèmes.

Les théories cinétiques de la gravitation sont donc des tentatives métaphysiques, tentatives désastreuses parce qu'elles ont pendant deux cents ans, figé la science dans les principes erronés et, par suite, inféconds de la mécanique de la masse.

Quand pour la première fois, en 1898, dans un cours de cosmographie, j'entendis exposer la gravitation cinétique, je fus pris d'une telle hilarité que je dus la payer d'un pensum immédiat, ce qui ne m'empêcha pas d'être gratifié d'un second quand le professeur se mit à décrire les aventures romanesques de la nébuleuse de Laplace. Pendant longtemps, j'évitais de m'occuper des théories cosmologiques, pensant qu'elles n'étaient que matière à jeux d'esprit et que leurs auteurs se souciaient peu d'être pris au sérieux, puisque, comme les chercheurs du mouvement perpétuel, ils n'arrivaient pas à comprendre que la machine de l'univers ne peut fonctionner sans transformation d'énergie.

Il y a huit ans, dans une œuvre, hélas trop

imparfaite, parce que trop spontanée, j'essayais non seulement de montrer les illusions de ces théoriciens, mais encore de prouver que l'univers devenait un système bien plus simple et plus compréhensible, si, en renversant le point de vue, on postulait le principe contraire à celui qu'on avait admis jusque là. Je ne tardais pas à m'apercevoir que ce point de départ était le plus fécond. Par une déduction nécessaire, je fus amené à poser les premiers éléments de la gravitation thermodynamique dont je ne doute plus aujourd'hui. Je me rends compte cependant qu'il est impossible présentement de commencer cette œuvre de reconstitution scientifique. Rien n'est plus difficile à renverser qu'une théorie qui a été soutenue par des hommes illustres et qui paraît liée à des dogmes moraux. Aussi, toute polémique serait inutile. Je ne convaincrais pas mes contemporains et mes contemporains ne me convaincraient pas ; ils ne feraient qu'augmenter en moi la volupté secrète que j'aie à soutenir seul la vérité. D'autre part, ils ne retarderaient pas d'un jour le temps où l'on renoncera à considérer les corps célestes comme des masses inertes lancées autour de centres attractifs, mais comme des mobiles dépensant la chaleur que régénère sans cesse le foyer central, comme des moteurs empruntant l'énergie du même foyer. Ce temps approche lentement.

Je ne répète pas à la suite de Galilée : « Et pourtant elle se meut », ce dont personne ne doute aujourd'hui, mais je dis : C'est la chaleur qui la meut, c'est la chaleur qui meut l'univers,

ce que tous contestent, ou plutôt ce que tous ignorent.

L'avenir de la science restaurée sur cette base est encore bien lointain. Avant que la nouvelle théorie soit créée, avant qu'on ait déterminé les rapports qui lient les mouvements à la dépense d'énergie, des siècles s'écouleront pendant lesquels on devra se passer de théorie physique de l'univers et se contenter de l'observation et des mesures mathématiques, lesquelles suffisent amplement. L'astronomie géométrique ou géométrie céleste est restée indépendante de l'absurde théorie physique ou mécanique céleste, dont Newton n'est que le trop fameux fondateur, et qui est venue se greffer inutilement sur elle. Elle continuera comme par le passé son rôle purement mathématique. D'ailleurs, une théorie physique ne sera jamais une science parfaite, mais le résultat d'un besoin de synthèse qui nous porte à chercher le pourquoi de tout. Elle nous donne un temps cette vue d'ensemble que réclament nos aspirations morales. Aussi je n'ai pas essayé de présenter la gravitation thermodynamique comme une science, mais comme un essai de synthèse, ou plutôt, comme un système nouveau, entraînant un renversement de point de vue et susceptible de diriger les recherches dans un nouveau sens plus conforme à l'observation. C'est une antéphysique plutôt qu'une métaphysique.

Je me réjouis à la pensée de la rénovation future, mais je ne puis rien pour la hâter. Ma voix est trop faible et trop isolée pour se faire entendre. Si mon œuvre est modeste, je n'aurai pas

du moins à répéter un jour les mots amers d'un célèbre novateur, mourant dans le regret de son effort inutile : « Je me repens de m'être donné tant de mal pour détruire l'ignorance ».

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Préface..... 5
I. Principe et postulat..... 10
II. Chaleur reçue par la terre et les planètes..... 11
III. Gravitation des planètes. Impulsion thermique..... 16
IV. Inclinaison de l'axe. Oscillation de la réaction thermique. Régulateur de gravitation..... 31
V. Rotation. Rotation cylindrique et rotation biconique..... 37
VI. Cause de l'inclinaison de l'axe. Inégal rendement mécanique des terres et des eaux..... 39
VII. Précession des équinoxes..... 49
VIII. Déplacement de l'équateur mécanique. Inversion océanique. Continents découverts et submergés. 54
IX. Preuves de l'inversion océanique. 64
X. Autres variations des éléments elliptiques..... 81
XI. Ces variations révèlent une force distincte de la pesanteur et agissant selon les surfaces..... 84
XII. Planètes à transformation rapide et à rotation directe. Planètes à transformation lente et à rotation rétrograde..... 88
XIII. Phase physique de la transformation thermodynamique. Conversion de la chaleur par une force élastique..... 96
XIV. Travail de la vapeur d'eau..... 99

Pages

XV. Variations de la transformation à la surface du globe 105
XVI. Indicateurs du travail cosmique.. 110
XVII. Intensité de la transformation sur différents points de même latitude 113
XVIII. Gravitation des satellites 116
XIX. Rotation réelle et rotation apparente 125
XX. Divergence centrifuge 136
XXI. Perturbations 140
XXII. Relations générales entre les mouvements des corps célestes et la chaleur reçue 146
XXIII. Température des planètes 158
XXIV. Gravitation des comètes 161
XXV. Les entraîneurs célestes. Conservation de la chaleur solaire 164
XXVI. Résumé des preuves et vraisemblances de la thermodynamique céleste 170
XXVII. Indications sommaires sur la vérification future de l'hypothèse.. 174
XXVIII. Les erreurs de la théorie cinétique de la gravitation 181
XXIX. Réflexions sur la thermodynamique céleste substituée à la mécanique céleste 194

CAHORS, IMPRIMERIE COUESLANT *(personnel intéressé)*. — 24.761

178597 Astron. V.

Author Vincent, Maxime

Title La gravitation thermodynamique.

University of Toronto Library

DO NOT REMOVE THE CARD FROM THIS POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU